

张子佩,王紫翎,孙致陆. 世界与中国大麦贸易格局演变及政策建议[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):1-11 (2025-10-16). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.001>.

# 世界与中国大麦贸易格局演变及政策建议

张子佩,王紫翎,孙致陆\*

(中国农业科学院农业经济与发展研究所,北京 100081)

**摘要:**为了阐明世界与中国大麦贸易格局,系统剖析了1995—2024年世界与中国大麦贸易规模和市场结构的演变特点。研究发现:从世界看,大麦贸易量显著增长,出口市场集中度和进口市场集中度均持续提高,近年来中国成为第一大进口国和多国最大出口目的地;从中国看,大麦进口量由平稳转为高位波动增长,进口均价由低位运行转为波动上涨,进口来源更多元但仍以澳大利亚为主,中国出口量很少,出口均价由低位运行转为高位运行,出口市场集中但趋于多元。究其原因,既有全球大麦供需与贸易格局变动的影响,也有国内大麦供需缺口大与需求增长的推动,还有国产大麦竞争力弱与大麦贸易政策调整的作用。面对世界与中国大麦贸易格局的动态变化,需要提高统筹利用国内与国际两个市场、两种资源的能力,通过推动国际供应链多元化、加强贸易监测与政策调控、提升国内综合生产能力和加强国内产业链协同合作,构建更加安全、稳定、高效的大麦产业链与供应链,更好地保障国家粮食安全和国内大麦产业健康发展。

**关键词:**大麦贸易;市场结构;贸易政策;产业链;供应链

中图分类号:F316.11;S512.3

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20250083

在全球农产品贸易体系中,大麦作为世界第四大禾谷类作物,是饲用、酿造、食品加工的重要原料,其贸易格局深受各方关注。从全球来看,澳大利亚、加拿大、法国、俄罗斯、乌克兰、阿根廷等国家是主要大麦出口国,主导着全球大麦贸易流向和价格走势。从中国来看,随着居民生活水平的提高,啤酒消费市场持续扩张,加之畜牧业对优质饲料需求稳步增长,中国对大麦的总需求量不断增加;但与此同时,受到国产大麦比较效益不高、国外低价大麦持续大量进口等因素影响,中国大麦面积却在不断萎缩,产量也同步下滑<sup>[1]</sup>。联合国粮食及农业组织(FAO)数据显示,中国大麦收获面积从1995年的170.00万hm<sup>2</sup>降至2023年的48.80万hm<sup>2</sup>,同期大麦产量从442.00万t降至199.00万t<sup>[2]</sup>。为了满足国内需求,近年来中国大麦进口量持续攀升,2014年和2015年先后首次突破500万t和1000万t,2016年降为499.33万t,2017年以来一直保持在

570万t以上,2024年创下1423.96万t的历史新高<sup>[3]</sup>。2019年以来中国一直是全球最大的大麦进口国<sup>[4]</sup>,导致大麦自给率显著下降,国内市场供给高度依赖进口。在此背景下,研究世界与中国大麦贸易格局演变特征,对于确保中国大麦安全有效供应和国内大麦产业健康发展具有重要的现实意义。

本文首先从贸易规模、贸易市场结构等方面系统梳理全球大麦贸易格局演变特点,然后聚焦中国大麦贸易现状,深入剖析中国大麦贸易规模和市场结构变动特征及其引发的问题与挑战,最后提出相应的对策建议,以期提升中国大麦产业链与供应链韧性提供理论依据。

## 1 世界大麦贸易格局分析

### 1.1 世界大麦贸易量大幅增加

1995—2024年世界大麦贸易量(以出口量和进口量之和表示,下同)的变化情况可大致分为两个阶段(图1):第一阶段为1995—2017年,世界大麦贸易量在波动中以增为主,从1995年的4216.10万t增加到2017年的7890.63万t,累计增幅为87.15%;第二阶段为2018—2024年,世界大麦贸易量进入持续大幅波动下降阶段,2019年降至6551.98万t,此后受到新冠肺炎全球大流行、俄乌冲突等突发事件

收稿日期:2025-08-23;修回日期:2025-09-18。

基金项目:国家现代农业(大麦青稞)产业技术体系产业经济岗位科学家项目(CARS-05-06A-01)。

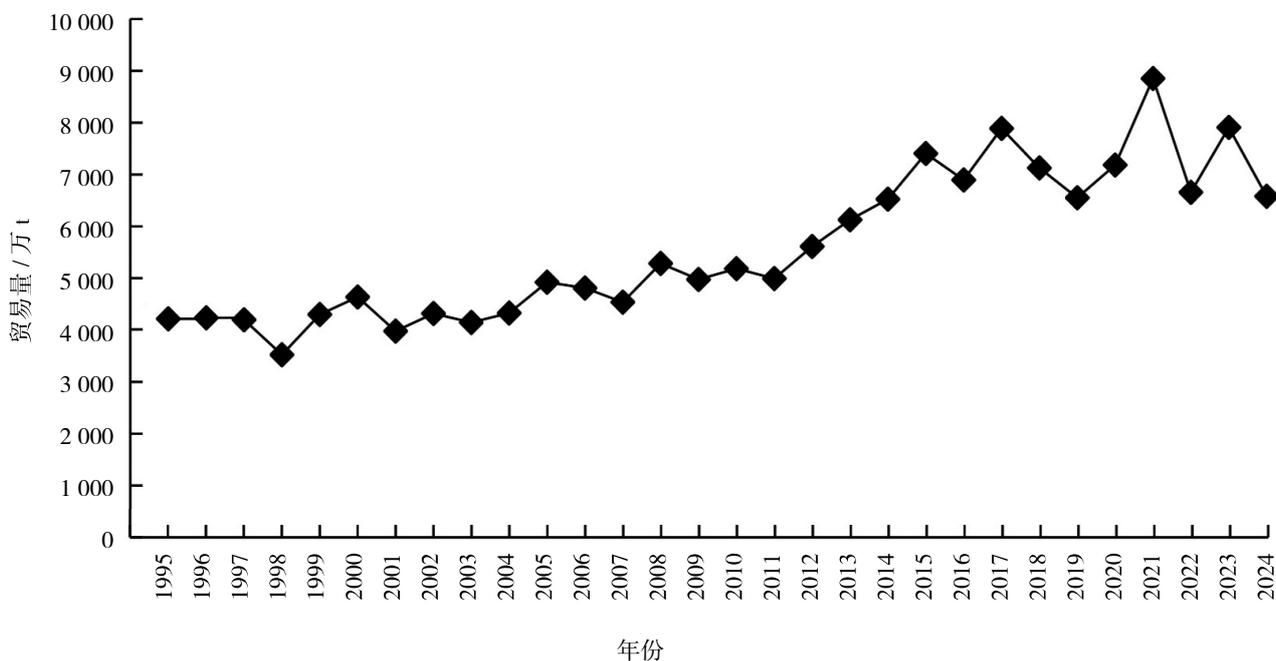
作者简介:张子佩(2000—),女,硕士研究生,主要从事农产品贸易研究。Email: zipei0411@163.com。

\*通信作者:孙致陆(1983—),男,博士,副研究员,主要从事农产品市场与贸易研究。Email: sunzhilu@caas.cn。

影响,经历了“M”型波动变化,2021和2023年分别达8 853.59万、7 909.01万t,2024年跌至6 578.98万t,比2021年的历史最高水平减少25.69%。

总体来看,2024年世界大麦贸易量比1995年大幅增加56.04%。究其原因,从供应端看,一是全球大麦产量稳中有增。全球大麦产区分布较广,欧盟、澳大利亚、俄罗斯、加拿大等是主产地,这些地区或国家凭借丰富的农业资源、先进的种植技术和完善的农业基础设施,大麦产量相对稳定且有增长趋势,为全球大麦贸易提供了充足的货源。根据联合国粮食及农业组织(FAO)在2025年6月发布的《食物展望》报告,预计2025年全球大麦产量为1.45亿t,同比增加1.5%;其中:欧盟27国产量5 220万t,俄罗斯产量1 970万t,澳大利亚产量1 260万t,加拿大产量810万<sup>[5]</sup>。二是全球大麦市场供应多元互补。全球大麦主要生产国的收获季节不同,6—12月均有大麦收获上市,市场供应较为多元,北半球的法国、俄罗斯、加拿大等国家大麦主要在6—8月收获,南半球的

澳大利亚、阿根廷等国家大麦则主要在10—12月收获,这种互补的供应格局增强了全球大麦市场供应的连续性和稳定性,有利于国际大麦贸易的开展。从需求端看,一是啤酒消费需求增长。大麦是酿造啤酒的关键原料,全球啤酒消费市场规模庞大,且随着人口增长和消费能力提升,对啤酒的需求持续增长,直接带动了对大麦原料的需求。根据日本麒麟控股公司(Kirin Holdings Limited Company)在2024年12月发布的《2023年全球啤酒消费报告》,其针对170个国家和地区的调查表明,2023年全球啤酒消费量约为18 793万kL,同比增长0.1%,连续三年实现正增长<sup>[6]</sup>。二是畜牧业饲料需求扩大。大麦是优质的动物饲料,能替代玉米等其他饲料。近年来,全球畜牧业规模化、集约化加速发展,对饲料的需求持续增长,而大麦相较于玉米等其他饲料粮更具“低成本、低价格”的竞争优势,进一步促进了全球大麦贸易规模增长。



1995—2023年数据来自联合国粮食及农业组织统计(FAOSTAT)数据库,2024年数据来自联合国商品贸易统计(UN Comtrade)数据库

图1 1995—2024年世界大麦贸易量

## 1.2 世界大麦出口市场集中度稳中有升,主要出口国位次出现明显变化

从主要年份看(表1),前10位国家的大麦出口市场集中度稳中有升。1995年、2005年和2015年前10位国家的大麦出口市场集中度都在83%~86%,2024年升至90.01%。从主要国家看,主要出口国的出口份额位次变化明显。法国在1995年、2005年和2015年都是世界大麦最大出口国,2024年则是世界大麦第二大出口国;澳大利亚在2024年大麦出

口份额显著增加,是世界大麦最大出口国;德国和加拿大的大麦出口份额先降后增;与1995年相比,2024年乌克兰、阿根廷和罗马尼亚的大麦出口份额均显著增加;俄罗斯也是世界大麦主要出口国,但俄乌冲突爆发后,受美西方国家制裁影响,其大麦出口份额转而显著下降。2024年,澳大利亚、法国、乌克兰、德国、阿根廷、加拿大和罗马尼亚是主要大麦出口国。

表1 世界大麦出口市场结构(前10位国家)

1995年		2005年		2015年		2024年	
出口国	出口份额 /%						
法国	13.96	法国	20.90	法国	19.67	澳大利亚	19.97
德国	12.97	澳大利亚	15.22	俄罗斯	13.82	法国	17.35
加拿大	11.07	乌克兰	13.57	澳大利亚	13.56	乌克兰	10.46
澳大利亚	9.70	德国	11.35	乌克兰	12.09	德国	10.41
俄罗斯	7.66	加拿大	7.83	德国	7.25	阿根廷	8.31
英国	7.05	俄罗斯	6.85	罗马尼亚	4.60	加拿大	7.96
乌克兰	6.53	英国	3.22	英国	4.18	罗马尼亚	7.71
美国	5.93	美国	2.88	阿根廷	4.03	匈牙利	2.82
哈萨克斯坦	5.74	荷兰	1.83	加拿大	3.43	保加利亚	2.66
丹麦	3.36	捷克	1.71	丹麦	2.57	英国	2.34
市场集中度	83.97	市场集中度	85.36	市场集中度	85.20	市场集中度	90.01

注:1995年、2005年和2015年数据来自FAOSTAT数据库,2024年数据来自UN Comtrade数据库。表2同。市场集中度为前10位国家出口量合计占世界总出口量比重。

## 1.3 世界大麦进口市场集中度持续上升,中国成为世界大麦第一大进口国

从主要年份看(表2),前10位国家的大麦进口市场集中度持续上升。1995年前10位国家的大麦进口市场集中度为63.19%,2024年增加至86.48%。从主要国家看,主要进口国的进口份额位次变化非常明显。中国在早期年份里的大麦进口份额大多低于10%,但近年来随着进口量的持续增加,已经取代沙特阿拉伯,成为世界大麦第一大进口国;沙特阿拉伯在早期年份里都是世界大麦第一大进口国,但近年来进口份额有所下降,但仍是第二大进口国;日本的大麦进口份额趋于下降,荷兰先降后增,比利时、西班牙、意大利等国家持续波动。2024年,中国、沙特阿拉伯、荷兰、比利时、西班牙、德国和日本是大麦主要进口国。

## 1.4 主要大麦出口国出口形势分析

在主要大麦出口国的2024年出口市场结构中(表3),中国同时分别是澳大利亚、法国、乌克兰、阿根廷和加拿大的大麦最大出口目的地,占这5国的出口份额均超过33%,占澳大利亚、阿根廷和加拿大的出口份额甚至都超过50%。德国、罗马尼亚、匈牙利和保加利亚都不在2025年8月25日中国海关总署公布的最新版《准予进口粮食(含籽实类和块茎类粮食、油籽)和植物源性饲料种类及输出国家或地区名录》中的大麦输出国家或地区中<sup>[7]</sup>,2024年这4国大麦主要出口到欧洲国家,且荷兰、沙特阿拉伯、意大利和西班牙分别是这4国大麦的最大出口目的地;英国大麦曾出口到中国,但从2011年起停止出口到中国,2024年比利时是英国大麦的最大出口目的地。

表2 世界大麦进口市场结构(前10位国家)

1995年		2005年		2015年		2024年	
进口国	进口份额 /%						
沙特阿拉伯	18.54	沙特阿拉伯	25.53	中国	30.01	中国	44.87
日本	8.16	中国	9.30	沙特阿拉伯	18.16	沙特阿拉伯	10.91
卢森堡	6.68	西班牙	6.84	比利时	4.59	荷兰	7.09
中国	6.00	比利时	6.12	伊朗	4.51	比利时	5.04
美国	4.92	日本	6.11	德国	3.96	西班牙	4.74
荷兰	4.39	伊朗	4.67	荷兰	3.87	德国	3.65
西班牙	4.33	荷兰	4.05	利比亚	3.16	日本	3.49
以色列	3.63	意大利	3.54	日本	3.11	巴西	2.80
意大利	3.32	叙利亚	3.43	西班牙	2.30	意大利	2.31
突尼斯	3.24	摩洛哥	3.27	阿尔及利亚	2.11	爱尔兰	1.58
市场集中度	63.19	市场集中度	72.87	市场集中度	75.78	市场集中度	86.48

注:市场集中度为前10位国家进口量合计占世界总进口量比重。

表3 2024年主要大麦出口国出口市场结构(前5位国家)

澳大利亚		法国		乌克兰		德国		阿根廷	
出口目的地	出口份额 /%								
中国	74.94	中国	33.40	中国	37.03	荷兰	39.71	中国	58.46
日本	10.36	比利时	24.67	西班牙	11.80	摩洛哥	13.42	巴西	29.12
越南	2.69	荷兰	10.97	利比亚	9.41	西班牙	9.08	沙特阿拉伯	10.02
墨西哥	2.51	德国	9.81	突尼斯	6.15	丹麦	8.20	印度	2.38
沙特阿拉伯	2.33	西班牙	5.14	约旦	5.81	爱尔兰	6.04	厄瓜多尔	0.01
加拿大		罗马尼亚		匈牙利		保加利亚		英国	
出口目的地	出口份额 /%								
中国	71.22	沙特阿拉伯	30.39	意大利	38.59	西班牙	14.34	比利时	26.64
日本	21.18	西班牙	12.51	奥地利	14.33	阿尔及利亚	14.05	荷兰	19.20
美国	7.43	约旦	11.94	罗马尼亚	14.15	摩洛哥	13.45	西班牙	14.20
韩国	0.08	阿尔及利亚	8.60	德国	11.17	沙特阿拉伯	11.99	葡萄牙	14.06
哥伦比亚	0.05	摩洛哥	8.07	保加利亚	6.79	突尼斯	9.30	德国	11.16

注:数据来自 UN Comtrade 数据库。

## 2 中国大麦贸易格局分析

近年来,中国大麦贸易呈现“大进口+小出口”的格局,进口量远大于出口量,一直处于净进口状态,这是国内供需结构、国内外大麦竞争力、国际市场环境等因素共同作用的结果,但也引发多重问题与挑战。

### 2.1 中国大麦进口格局

**2.1.1 中国大麦进口量呈现“平稳运行→高位波动上升”的态势。**1995—2013年中国大麦进口量平稳运

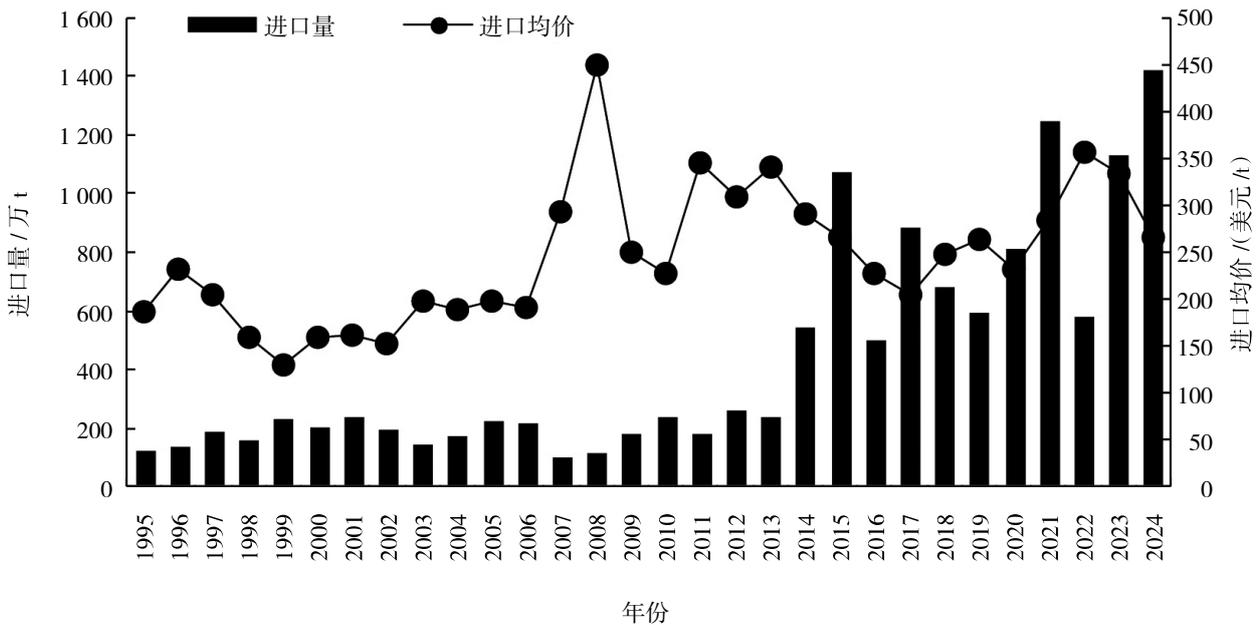
行,一直稳定在200万t左右(图2)。2014—2024年中国大麦进口量进入高位大幅波动上升阶段,2015年首次超过1000万t(1073.15万t),此后持续高位波动变化,基本都超过500万t,2021年再次超过1000万t(1248.22万t),2022年显著下降,但2023—2024年又连续超过1000万t,且2024年创下1423.97万t的历史新高,比1995年增加了11.00倍。

究其原因,一是中国大麦产量难以满足持续扩

大的国内需求。一方面,饲用需求旺盛。近年来,中国生猪、家禽等畜牧业规模化发展加速,对作为优质饲料原料、可替代玉米等其他饲料粮的大麦的饲用需求激增,而国内大麦产量有限,需要大量进口以弥补供求缺口<sup>[4]</sup>。另一方面,啤酒加工需求稳定,食品加工需求增加。中国是全球最大的啤酒生产国和消费国,近年来啤酒产量趋于稳定,啤酒酿造对优质啤酒大麦的需求也较为稳定。根据国家统计局数据,2013—2020年中国啤酒产量从4 982.79万 kL持续降至3 411.11万 kL,2021—2024年稳定在3 500万~3 650万 kL。大麦在麦片、代餐等食品中的应用持续增加,推高了大麦加工原料需求,但国内优质专用大麦产量不足<sup>[5]</sup>,需要依赖进口。二是中国大麦进口政策调整的推动。加入世界贸易组织(WTO)后,中国对进口大麦征收3%的最惠国关税和9%的增值税,相较于对玉米进口实行的关税配额政策,进口门槛低,有利于国际大麦进入中国市场<sup>[6]</sup>。三是国际市场大麦供应充足且价格更具竞争力。澳大利亚、欧盟、俄罗斯等大麦主产区产量大、供应稳定和运输渠道成熟,国际大麦价格还因主产区持续丰收、投入少、人民币汇率升值等因素具有明显的成本优势,相比中国大麦更具性价比,以致大麦进口量增加。

**2.1.2 中国大麦进口均价呈现“低位徘徊→大幅波动上涨”的趋势。**一是1995—2006年,中国大麦进

口均价(以进口额与进口量之比表示)大多在150~200美元/t小幅波动(图2)。二是2007—2008年,中国大麦进口均价显著攀升,2008年达到450.00美元/t。其主要原因是2007年4月美国次贷危机爆发并快速蔓延到信贷市场,进而演变为全球性金融危机,对各国金融市场和实体经济产生巨大负面冲击,引起国际油价大幅上涨和通货膨胀加剧,再叠加澳大利亚、阿根廷等粮食主产国在2008年遭遇极端干旱,导致大麦等粮食国际市场价格在2008年暴涨。三是2009—2010年,中国大麦进口均价一度显著下跌,但在2011—2013年又进入新一轮上涨期。其主要原因是2010—2012年全球多地遭遇罕见极端天气事件的持续冲击,包括2010年俄罗斯和乌克兰等东欧国家遭遇严重干旱,2011年澳大利亚遭遇严重洪涝灾害,2012年美国中西部遭遇严重干旱等<sup>[10]</sup>,这些灾害重创粮食主产国,导致全球粮食出现减产,再叠加2011—2013年国际油价持续维持在100美元/桶以上的高位,推高了粮食生产成本,共同引起大麦等粮食国际市场价格出现显著上涨。四是2014—2019年,中国大麦进口均价稳中有降,大多处在220~270美元/t。五是2020—2024年,受到新冠肺炎全球大流行和俄乌冲突的叠加影响,中国大麦进口均价首先出现新一轮上涨;2024年转而降为266.42美元/t,但仍比1995年高42.73%。



数据来自中国海关数据库

图2 1995—2024年中国大麦进口量和进口均价

**2.1.3 中国大麦进口来源市场结构更趋多元化。**澳大利亚是最主要进口来源国。一是2011年以前,中国大麦进口来源国集中在澳大利亚、法国、加拿大和丹麦。澳大利亚占中国大麦进口量的比重在1996—2019年大多超过40%,除2015年以外的其他年份里都是中国大麦最大进口来源国。这既得益于澳大利亚大麦在品质、均一性以及运输距离等方面所具有的优势,更受益于《中国—澳大利亚自由贸易协定》在2015年12月20日正式生效,中国对澳大利亚进口大麦征收的3%最惠国关税随之立即取消,澳大利亚大麦在中国市场获得更强的竞争优势。二是2011年以来,为了降低进口来源过度集中带来的市场风险,中国陆续开放产自阿根廷(2011年)、乌克兰(2014年)、哈萨克斯坦(2019年)和乌拉圭(2021年)的大麦,恢复进口产自俄罗斯(2020年)的大麦,推动了中国大麦进口来源市场结

构更加多元化。根据中国国际商会代表国内大麦产业正式提交的申请,2018年11月和12月中国商务部对澳大利亚进口大麦先后发起反倾销和反补贴立案调查<sup>[11-12]</sup>;2020年5月中国裁定澳大利亚进口大麦存在倾销和补贴,国内产业受到了实质损害,且倾销和补贴与实质损害之间存在因果关系,决定自2020年5月19日起对澳大利亚进口大麦征收73.6%的反倾销税和6.9%的反补贴税,实施期限5年<sup>[13-14]</sup>。受其影响,2020年12月起中国不再进口澳大利亚大麦。鉴于大麦市场情况发生变化,2023年8月中国商务部决定终止对澳大利亚进口大麦征收反倾销税和反补贴税<sup>[15]</sup>。受其影响,2023年10月起中国恢复进口澳大利亚大麦,2024年澳大利亚大麦占中国大麦进口量的36.87%,该国再次成为中国大麦最大进口来源国(表4)。

表4 2020—2024年中国大麦进口市场结构

进口来源地	进口份额 /%				
	2020年	2021年	2022年	2023年	2024年
澳大利亚	18.46	—	—	13.55	36.87
法国	21.77	29.22	17.08	32.44	14.98
加拿大	24.98	28.54	30.05	20.03	13.43
阿根廷	4.85	13.90	41.47	18.93	11.75
乌克兰	28.01	25.75	4.28	2.48	9.94
哈萨克斯坦	1.74	0.90	3.25	7.08	5.75
俄罗斯	0.07	0.60	1.04	4.11	5.47
乌拉圭	0	0.71	2.74	0.64	1.78
丹麦	0.12	0.37	0.09	0.75	0.03

注:全年数据均来自中国海关数据库;“—”表示暂停进口。

## 2.2 中国大麦出口格局

**2.2.1 中国大麦出口量很少,整体呈现“M”型波动变化趋势。**从出口规模看(图3),1995—2024年中国大麦出口量一直很少,除2008年曾经达到11.83万t外,其他年份里均低于1.50万t。从出口变化趋势看,1995—2002年,中国大麦出口量以1998年为拐点,经历了先增后减的变化过程;2003—2024年,中国大麦出口量以2007年为拐点,经历了新一轮的先增后减的变化过程,特别是2014—2024年均低于300.00t。究其原因,一是中国大麦国内供需一直处于供不应求状态,出口动力不足。根据国家粮油信息中心数据,2022年以来中国大麦年消费量均超过1000万t<sup>[16]</sup>,国内市场供不

应求,为了优先满足内需,几乎无余量用于出口。二是中国大麦国际市场竞争能力较弱。中国国产大麦以饲料大麦为主,优质啤酒大麦产量相对较低且品质与澳大利亚、加拿大等主产国相比存在一定差距,在国际市场上缺乏价格和品质优势;近年来,中国农业生产成本持续攀升,导致国产大麦价格高于国际市场,出口利润空间极小,企业缺乏出口意愿和积极性。三是中国大麦出口渠道和市场需求有限。全球大麦出口来源地以欧盟、俄罗斯、澳大利亚、加拿大等主产区为主导,国际市场对大麦的需求主要由这些低成本、高产量的主产区满足,中国并非传统出口国,缺乏稳定的出口渠道和海外市场份额。

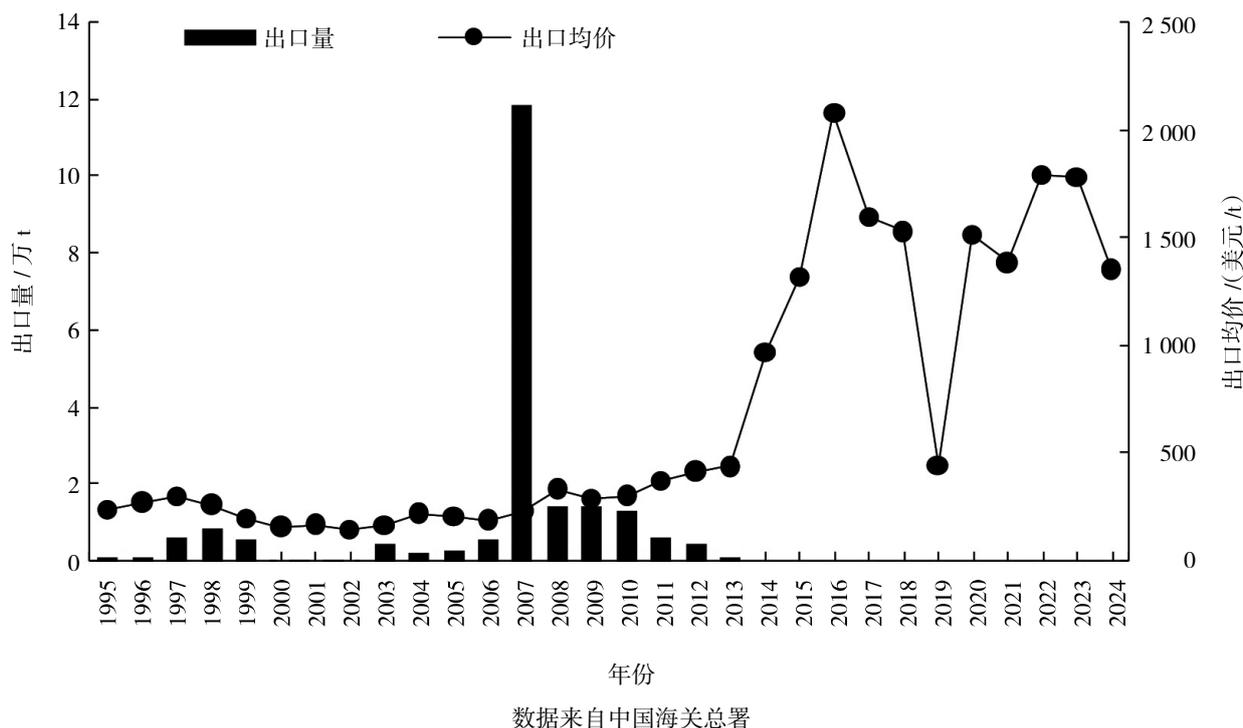


图3 1995—2024年中国大麦出口量和出口均价

**2.2.2** 中国大麦出口均价呈现“低位运行→大幅上涨→高位运行”的趋势。一是1995—2006年,中国大麦出口均价(以出口额与出口量之比表示)基本保持在150~250美元/t。究其原因,第一,国内供应充足。1996年以后中国粮食在总量上供大于求,大麦作为粮食作物的一种,市场供应曾较为充足,这使得大麦价格缺乏上涨动力,维持在较低水平。第二,出口政策调整。中国从2007年12月20日起取消了原粮及其制粉的出口退税,虽然该政策实施时间稍晚于2006年,但在此之前已经公布了政策调整通知,使得出口企业的利润空间受到影响,出口积极性下降,出口量减少,在一定程度上影响了大麦的出口价格。第三,国际市场竞争。美国、加拿大等大麦出口大国拥有丰富的土地资源和先进的农业技术,大麦生产成本低,在国际市场上具有更强的价格优势。中国大麦在国际市场上面临激烈竞争,出口均价上涨空间受限。二是2007—2024年,中国大麦出口均价先持续大幅上涨,从2007年的230.66美元/t涨至2016年的2071.18美元/t,且2015年以来在波动变化中持续高位运行,大多超过1300美元/t。究其原因,第一,全球大麦供给发生变化。2006—2007年、2010—2011年、2022年等多个时间段,澳大利亚、乌克兰、法国等大麦主产国多处遭遇极端天气灾害<sup>[10,16-19]</sup>,导致大麦产量下降,国际

大麦市场供应紧张且价格上涨,进而推动中国大麦出口均价上涨。第二,国际贸易政策影响。近年来,全球贸易政策的不确定性进一步增加,更多国家采取出口限制措施以优先保障本国粮食安全,这也在一定程度上限制了全球大麦供应,推高了国际市场价格<sup>[20]</sup>。第三,中国大麦生产成本上升。近年来,中国农业生产要素价格持续上涨,特别是劳动力、化肥、农药等农资价格涨幅较大<sup>[21]</sup>,导致大麦生产成本显著攀升,从而推动大麦出口价格上涨。第四,中国大麦供需结构变化。随着中国啤酒行业的高端化发展,对特种麦芽和高端麦芽的需求不断增加,引发高品质啤酒大麦需求的增长<sup>[22]</sup>,而国内高品质大麦的生产和供应相对有限且价格较高,从而拉动了大麦出口均价的上涨。第五,中国出口大麦和进口大麦用途存在差异。相较于进口大麦主要用途以饲用和啤酒酿造为主,中国出口大麦主要用于种用及大麦茶等附加值相对更高的食品加工,市场价格也更高。比较来看,在1995—2024年的绝大多数年份里,特别是2009—2024年,中国大麦出口均价都要显著高于大麦进口均价,2015年以来前者基本都比后者高出1000美元/t。

**2.2.3** 中国大麦出口目的地很集中,出口市场结构趋于多元化。2020—2023年中国大麦出口目的地很集中,主要是美国、中国香港、加拿大和巴拿马,对

美国和中国香港的累计出口份额在 78%~97%，2024 年降为 30.84%(表 5)。2024 年,中国大麦出口目的地新增了刚果共和国、马来西亚、孟加拉国和

澳大利亚,中国对这 4 国的累计出口份额为 51.13%,其中对刚果共和国的出口份额达到 42.26%,出口市场结构越来越多元化。

表 5 2020—2024 年中国大麦出口市场结构

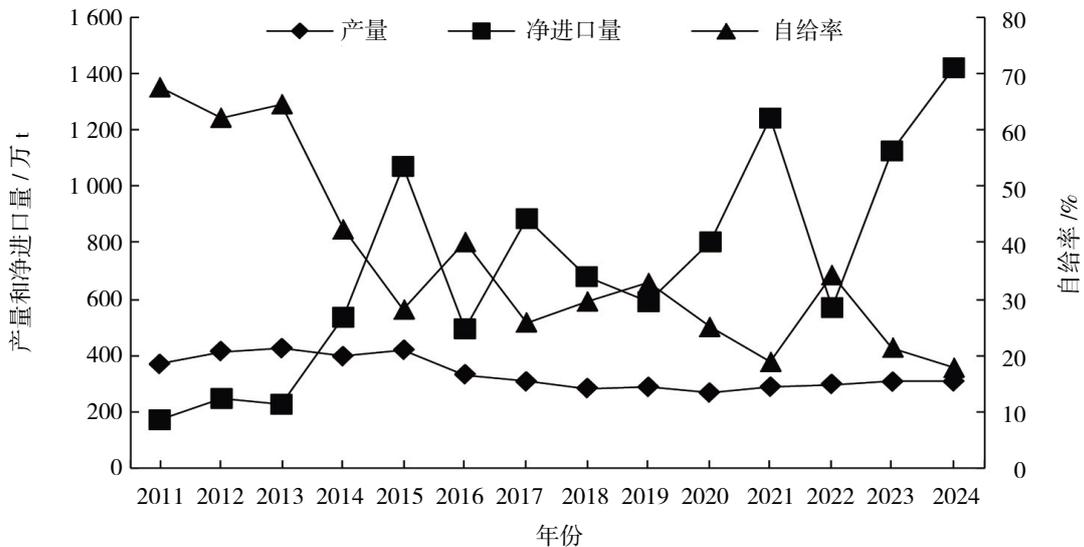
出口目的地	出口份额 /%				
	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年
美国	72.12	56.72	68.91	75.13	29.16
中国香港	22.51	21.53	27.33	7.28	1.68
越南	5.37	—	—	—	—
加拿大	0	21.75	3.76	4.34	9.83
巴拿马	—	—	—	13.26	8.19
刚果共和国	—	—	—	—	42.26
马来西亚	—	—	—	—	7.92
孟加拉国	—	—	—	—	0.79
澳大利亚	—	—	—	—	0.16

注:数据来自中国海关数据库;“—”表示没有出口。

2.3 中国大麦贸易格局变化引发的问题与挑战

2.3.1 大麦持续大规模净进口,导致自给率下降和产业链不确定性增加。根据中国海关数据,中国大麦进口量一直显著高于出口量,长期处于大规模净进口状态,且净进口量在 2014 年以前大多保持在 200 万 t 左右,2014 年以来则提高到平均 500 万 t 以上(2016 年为 499.33 万 t),2015 年、2021 年和 2023—2024 年甚至均超过 1 000 万 t<sup>[9]</sup>。而与此同时,受到国内大麦相较小麦等主要粮食作物比较效益低和国外低价大麦持续大量净进口的共同冲击,中国大麦产量明显下滑<sup>[9]</sup>,自给率随之显著下降。

图 4 显示,2011 年中国大麦自给率为 67.74%,此后以下降为主,2014 年跌破 50%,2017 年起降至 40% 以下,2024 年仅为 17.93% 且比 2011 年减少了 49.81 个百分点,国内大麦供给高度依赖国际市场。在此背景下,不仅国际市场波动会直接传导到国内市场,而且一旦主要进口来源国因自然灾害、地缘政治、贸易政策变动等原因减少或停止大麦出口,中国在短期内将很难快速找到同等规模的替代来源,导致国内供应短缺,增加产业链下游饲料、啤酒等行业的生产经营风险和不确定性。



产量数据来自国家大麦青稞产业技术体系;净进口量等于进口量与出口量之差,贸易数据来自中国海关数据库;自给率 = 产量 / (产量 + 净进口量)

图 4 2011—2024 年中国大麦产量、净进口量和自给率

**2.3.2** 国外低价大麦大量进口,压缩国内产能增长空间。近年来,伴随着劳动力、土地、化肥、农药等农业生产要素的价格持续上涨,中国农业生产成本不断攀升。根据国家大麦青稞产业技术体系调研,2024年中国大麦平均生产成本为10 770.15元/hm<sup>2</sup>,同比增长1.2%。为了确保农户种植大麦获得合理收益,大麦收购价需要随生产成本攀升而保持合理上涨,只有这样才能提高农户种植大麦的积极性。但根据表6可知,中国大麦的国内收购价一直显著高于进口均价,2020—2024年两者相减后的价差在

0.23~0.58元/kg,进口大麦比国产大麦具有很大的价格优势,叠加大麦进口规模大和进口最惠国税率仅为3%,进口均价直接形成国内收购价变化的“天花板”,不仅阻碍后者随国内生产成本攀升而保持合理上涨态势,而且还导致后者在部分年份出现下跌情形,不利于调动农户种植大麦的积极性,影响国内大麦产能的增长。根据表6可知,2020—2024年,伴随着进口均价先涨后跌,中国大麦的国内收购价也先涨后跌,且2023年和2024年跌幅分别为3.40%和3.12%。

表6 2020—2024年中国大麦进口量、进口额、进口均价和国内收购价

年份	进口量/ 万 t	进口额/ 亿美元	进口均价/ (美元/kg)	人民币对 美元汇率	进口均价/ (元/kg)	国内收购价/ (元/kg)
2020	807.95	18.80	0.23	6.90	1.59	2.17
2021	1 248.22	35.51	0.29	6.45	1.87	2.24
2022	576.01	20.52	0.36	6.73	2.42	2.65
2023	1 132.26	37.71	0.33	7.05	2.33	2.56
2024	1 423.96	37.92	0.27	7.12	1.92	2.48

注:进口量和进口额数据来自中国海关数据库;人民币对美元汇率数据来自中国银行;国内收购价数据来自国家大麦青稞产业技术体系;以美元计价的进口均价等于进口额与进口量之比;以人民币计价的进口均价等于以美元计价的进口均价与人民币对美元汇率的乘积。

**2.3.3** 大麦进口来源趋于多元,引起全球供应链网络管理难度增加。近年来,中国大麦进口来源从高度依赖少数国家向多元化转变,避免了“把所有鸡蛋放在一个篮子里”,但形成的新进口来源市场结构也带来多重复杂挑战。一是从“单一依赖”转变为“多点风险”。中国大麦进口过去主要依赖澳大利亚,市场较为单一,但易于分析和预测市场前景;而随着进口来源多元化,中国需要维护与更多国家的经贸和政治关系,其中任何一个关系生变,都可能影响大麦贸易。二是带来更高的运营成本、物流风险和品质管理风险。阿根廷、乌克兰等国家的海运距离都很远,大麦物流成本更高且运输时间更长;不同国家大麦的内陆运输能力和港口装卸效率存在差异,可能产生新的拥堵和延误风险;不同国家大麦在品种、蛋白质含量、千粒质量、发芽率等方面存在差异,而啤酒厂和饲料厂的生产工艺和设备通常针对特定品质的原料进行设定,更换进口来源国意味着这些下游企业需要调整生产工艺和设备参数,增加生产经营管理的复杂性和品质控制风险。

### 3 讨论与政策建议

#### 3.1 讨论

本文系统梳理了全球大麦贸易格局演变特点,然后深入剖析了中国大麦贸易格局变动特征。研究表明,从世界看,大麦贸易量大幅增加;大麦出口市场集中度稳中有升;大麦进口市场集中度持续上升,中国成为世界大麦第一大进口国,还是多数主要大麦出口国的最大出口目的地。从中国看,在进口端,大麦进口量经历“平稳运行→高位波动上升”的变化,进口均价呈现“低位徘徊→大幅波动上涨”的趋势,进口来源市场结构更加多元化且澳大利亚是最主要进口来源国;在出口端,大麦出口量很少且整体经历“M”型变化过程,出口均价呈现“低位运行→大幅上涨→高位运行”的趋势,出口目的地很集中且出口市场结构趋于多元化。中国大麦贸易格局变化还引发了自给率下降和产业链不确定性增加、国内产能增长空间受限、全球供应链网络管理难度增加等问题与挑战。

展望未来,中国大麦贸易“大进口+小出口”的总体格局仍将持续。从进口看,预计中国大麦进口量继续保持高位。中国是世界啤酒生产和消费大国,但作为啤酒酿造原料的啤酒大麦一直存在200万t左右的供求缺口<sup>[20]</sup>。虽然近年来国内啤酒大麦标准化种植基地建设取得了积极成效,但短期内难以很快完全弥补供求缺口,对国外啤酒大麦的进口需求仍将持续;同时,中国人口数量的庞大基数、居民收入水平的提高以及消费结构的升级,对畜产品和水产品的需求不断增加,推动国内养殖业较快发展,饲料粮需求随之增加。根据中国农业科学院发布的《中国农业产业发展报告2024》,预计到2035年中国畜产品和水产品的需求量继续保持平稳增长态势,饲料粮供求缺口趋于扩大<sup>[21]</sup>。在此情况下,中国对国外低价大麦仍将有持续强劲的饲用进口需求。从出口看,由于大麦供不应求的国内市场格局短期内难以完全改变,预计中国大麦出口量仍很小。

## 3.2 政策建议

**3.2.1 推动国际供应链多元化。**一是拓展进口来源。持续推动大麦进口来源多元化,在互利共赢的基础上,加强或开拓与俄罗斯、哈萨克斯坦、罗马尼亚、匈牙利、保加利亚等“一带一路”沿线大麦出口国家的农业合作,通过建设物流通道等方式构建更加多元稳定的大麦贸易关系,降低对澳大利亚、法国、加拿大等少数国家过高的进口依赖。二是增强国际供应链韧性。针对酿酒用大麦(高淀粉、低蛋白品种)和饲料用大麦(高纤维品种)的不同需求,推动与主要进口来源国签订长期大麦采购协议,明确价格波动合理区间,稳定进口价格和数量。

**3.2.2 加强贸易监测与政策调控。**一是建立进口风险预警机制。构建专业的国内国际农产品市场监测团队,密切跟踪国内大麦供需、库存和进口到港量,以及国际价格、供需和主产国天气、政策变动等信息,运用大数据分析技术对国内外市场前景进行预测,提前发布风险预警,指导企业合理安排进口计划,避免市场波动造成的损失。二是加强贸易政策调控。当进口对国内大麦产业发展造成严重损害时,及时采取收紧检疫许可证审批节奏、启动“两反一保”(反倾销、反补贴和保障措施)贸易救济措施等政策,坚决维护国内大麦产业的合理发展空间。

**3.2.3 提升国内综合生产能力。**一是加大农业科技投入。大力实施“种业振兴”战略,依托国家大麦青稞产业技术体系,重点培育并推广高产、抗倒伏、抗病虫害和优质的多元专用大麦品种,提升良种覆盖率,提高大田种植的单产和品质。二是推进规模

化标准化种植。鼓励土地流转,形成集中连片的大麦种植区域,提高生产效率,降低生产成本;在内蒙古、江苏、甘肃、新疆等优势产区,建设大面积大麦标准化种植基地,制定严格的质量标准,推广统一优质品种、统一田间管理、统一收获的标准化流程,确保大麦品质均一性。三是优化补贴与保险政策。建议将大麦纳入中央财政农业保险补贴目录,提高保费补贴比例,保障范围涵盖干旱、冰雹等极端天气灾害。

**3.2.4 加强国内产业链协同合作。**一是推动全产业链一体化发展。鼓励并支持啤酒、特色功能食品等食、饮品行业龙头加工企业与优势产区大麦种植户建立紧密的利益联结机制,采取“优质优价”的订单农业模式,既保障种植户合理收益,又稳定企业优质原料供应,实现“产—加”精准对接,形成从优质大麦到优质加工品的风险共担、利益共享的共同体,逐步提高加工环节原料自给率。二是促进信息共享与技术交流。建立大麦产业信息共享平台,涵盖种植、加工、贸易等环节信息,方便产业链各环节主体及时掌握市场动态;定期组织啤酒企业、食品企业与科研机构开展技术交流研讨,共同解决大麦种植和加工过程中的关键技术难题,提升产业整体技术水平。

## 参考文献:

- [1] 李先德,孙致陆. 中国大麦青稞产业经济 -2024[M]. 北京: 中国农业出版社,2024:209-210.
- [2] FAO. FAOSTAT: Crops and livestock products[EB/OL]. (2025-06-11)[2025-08-18]. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- [3] 中华人民共和国海关总署. 中国海关数据库[EB/OL]. (2025-08-15)[2025-08-18]. <http://stats.customs.gov.cn/>.
- [4] UN. UN Comtrade Database[EB/OL]. (2025-07-12)[2025-08-18]. <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow> Frequency=A&Flows=X&CommodityCodes=TOTAL&Partners=0&Reporters=all&period=2024&AggregateBy=none&BreakdownMode=plus.
- [5] FAO. Food Outlook Biannual report on global food markets [EB/OL]. (2025-06-18)[2025-08-23]. <https://doi.org/10.4060/cd5655en>.
- [6] Kirin Holdings Limited Company. Global beer consumption report in 2023[EB/OL]. (2024-12-19)[2025-08-23]. [https://www.kirinholdings.com/en/newsroom/release/2024/1219\\_01.html](https://www.kirinholdings.com/en/newsroom/release/2024/1219_01.html).
- [7] 中华人民共和国海关总署. 准予进口粮食(含籽实类和块茎类粮食、油籽)和植物源性饲料种类及输出国家或地区名录[EB/OL]. (2025-08-25)[2025-09-12]. <http://dzs.customs.gov.cn/dzs/2746776/3062131/index.html>.
- [8] 余永新. 大麦(青稞)营养品质与质量安全[M]. 北京: 中国标准出版社,2024:1-3.

- [9] 孙致陆,李先德. 大麦进口对我国大麦产业的影响与应对措施[J]. 中国食物与营养,2015,21(7):50-54.
- [10] 陈洪滨,范学花. 2011年极端天气和气候事件及其他相关事件的概要回顾[J]. 气候与环境研究,2012,17(3):365-380.
- [11] 中华人民共和国商务部. 关于对原产于澳大利亚的进口大麦进行反倾销立案调查的公告(2018年第89号)[EB/OL]. (2018-11-19) [2025-08-23]. [https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/dwmygl/art/2018/art\\_c7889937c8074960bc6a56baf15a9b25.html](https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/dwmygl/art/2018/art_c7889937c8074960bc6a56baf15a9b25.html).
- [12] 中华人民共和国商务部. 关于对原产于澳大利亚的进口大麦进行反补贴立案调查的公告(2018年第99号)[EB/OL]. (2018-12-21)[2025-08-23]. [https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/dwmygl/art/2018/art\\_05a79ca0d0284e06835f8277aec496b6.html](https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/dwmygl/art/2018/art_05a79ca0d0284e06835f8277aec496b6.html).
- [13] 中华人民共和国商务部. 关于原产于澳大利亚的进口大麦反倾销调查最终裁定的公告(2020年第14号)[EB/OL]. (2020-05-18) [2025-08-23]. [https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/dwmygl/art/2020/art\\_5268f1be1d494ef5b29692cb4ff3770d.html](https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/dwmygl/art/2020/art_5268f1be1d494ef5b29692cb4ff3770d.html).
- [14] 中华人民共和国商务部. 关于原产于澳大利亚的进口大麦反补贴调查最终裁定的公告(2020年第15号)[EB/OL]. (2020-05-18)[2025-08-23]. <https://m.mofcom.gov.cn/article/b/e/202005/20200502965863.shtml>.
- [15] 中华人民共和国商务部. 关于对原产于澳大利亚的进口大麦继续征收反倾销税和反补贴税必要性的复审裁定(2023年第29号)[EB/OL]. (2023-08-04)[2025-08-23]. [https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/zgdwjmywg/art/2024/art\\_a60a8d915499450d8a2807d61b6e92c2.html](https://www.mofcom.gov.cn/zcfb/zgdwjmywg/art/2024/art_a60a8d915499450d8a2807d61b6e92c2.html).
- [16] 国家粮油信息中心. 饲用谷物市场供需状况月报(第307期)[R]. 北京:国家粮油信息中心,2025.
- [17] 王小玲,郭艳君. 2008年全球重大天气气候事件概述[J]. 气象,2009,35(4):108-111.
- [18] 世界气象组织. 2012年全球气候状况声明[EB/OL]. (2013-06-26) [2025-08-23]. [https://digitallibrary.un.org/nanna/record/3894618/files/wmo\\_1108\\_zh.pdf?withWatermark=0&withMetadata=0&version=1&registerDownload=1](https://digitallibrary.un.org/nanna/record/3894618/files/wmo_1108_zh.pdf?withWatermark=0&withMetadata=0&version=1&registerDownload=1).
- [19] 世界气象组织. 2022年全球气候状况[EB/OL]. (2023-03-03) [2025-08-23]. [https://library.wmo.int/viewer/66256/download?file=1316\\_Statement\\_2022\\_zh.pdf&type=pdf&navigator=1](https://library.wmo.int/viewer/66256/download?file=1316_Statement_2022_zh.pdf&type=pdf&navigator=1).
- [20] 贾小玲,孙致陆,李先德. 中国大麦进口格局及进口多元化分析[J]. 世界农业,2023(5):57-67.
- [21] 陈锡文. 当前农业农村的若干重要问题[J]. 中国农村经济,2023(8):2-17.
- [22] 张远记,林连爽,滕兴强. 高质量发展背景下中国啤酒企业营销模式创新路径研究[J]. 中国酿造,2022,41(6):243-248.
- [23] 中国农业科学院. 中国农业产业发展报告-2024[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2024:195-198.

## Evolution of Global and Chinese Barley Trade Patterns and Policy Recommendations

ZHANG Zipei, WANG Ziling, SUN Zhilu

(Institute of Agricultural Economics and Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** In order to clarify the global and Chinese barley trade pattern, this study systematically analyzed the evolution characteristics of the scale and market structure of global and Chinese barley trade from 1995 to 2024. The results show that from a global perspective, the global barley trade volume has increased significantly, with the concentration of both export and import markets rising steadily. In recent years, China has become the world's largest barley importer and the largest export destination for many countries. From a Chinese perspective, China's barley import volume has shifted from a stable state to high-level fluctuating growth. The average barley import price has changed from low-level operation to fluctuating growth, and the barley import sources have become more diversified, but Australia still remains the main import source. China's barley export volume is very small. The average barley export price has transitioned from low-level operation to high-level operation, and the barley export markets are concentrated but tend to be diversified. The reasons for the evolution of China's barley trade include the impact of changes in the global barley supply-demand and trade patterns, the driving force of the large domestic supply-demand gap and growing demand of barley, as well as the weak international competitiveness of domestic barley and adjustments to China's barley trade policies. In the face of the dynamic changes in the global and China's barley trade patterns, it is necessary to enhance the ability to coordinate the use of domestic and international markets and resources. By promoting the diversification of international supply chains, strengthening trade monitoring and policy regulation, improving domestic comprehensive production capacity, and enhancing the collaborative cooperation of the domestic industrial chain, a safer, more stable and efficient barley industrial chain and supply chain should be built to better safeguard China's national food security and the healthy development of domestic barley industry.

**Key Words:** Barley trade; Market structure; Trade policy; Industrial chain; Supply chain

党梦圆,李晓龙,朱莎莎,等. 不同植物激素影响谷物种子休眠的机制[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):12-18(2025-10-17). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.002>.

# 不同植物激素影响谷物种子休眠的机制

党梦圆,李晓龙,朱莎莎,邢燕平,杨 燕\*

(麦类种质创新利用自治区高等学校重点实验室/内蒙古农业大学生命科学学院植物生物技术功能实验室,内蒙古呼和浩特 010026)

**摘要:**水稻、小麦、玉米等谷物收获前的穗发芽问题严重影响了籽粒的加工品质和营养品质。穗发芽问题与种子休眠的形成与解除密切相关,主要受脱落酸(ABA)、赤霉素(GA)、茉莉酸(JA)、生长素(IAA)、油菜素内酯(BR)、乙烯(ET)、细胞分裂素(CTK)等植物激素联合调控。从影响种子休眠的植物激素及其调控途径的生理和分子机制阐述激素对谷物种子休眠的影响,对提高谷物产量和品质具有重要意义。

**关键词:**禾谷类作物;植物激素;休眠;萌发;谷物品质

**中图分类号:**S963.31+1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20250048

水稻、小麦、玉米等禾谷类作物是世界上主要的粮食作物,对人类的膳食安全与营养平衡具有不可替代的作用。种子休眠特性不仅影响种子对穗发芽的抵抗能力,而且也在很大程度上决定了谷物的品质<sup>[1]</sup>。育种者在禾谷类作物的驯化和培育过程中长期缺乏对其收获期休眠特性的关注,以致目前生产上穗发芽(pre-harvest sprouting, PHS)现象的发生较为普遍,尤其是小麦和水稻<sup>[2]</sup>。美国以及加拿大等世界主要小麦生产国穗发芽现象普遍存在<sup>[3]</sup>。我国约占小麦总面积 83%的种植区都发生过严重的穗发芽灾害。严重的穗发芽不仅导致谷物产量降低,还会在加工过程中产生致癌物<sup>[4]</sup>。因此,食用含有 PHS 谷物制成的劣质食品,无疑会严重威胁人类的健康安全。穗发芽是影响我国粮食生产的重要因素,也是全球粮食产量下降的重要因素之一。

由于栽培技术和管理上的不到位以及阴雨天气的影响,穗发芽问题至今未能得到根本解决。众所周知,小麦穗发芽(PHS)通常发生在种子生理成熟后至完全成熟前的关键窗口期,这一过程受到多因素协同调控,包括环境因子(水分、温度、光照)、

穗部形态特征及种子内在特性(休眠性、激素水平等)。其中,种子休眠特性是决定小麦萌发抗性的核心遗传因素。种子休眠的形成与解除主要与脱落酸(ABA)<sup>[5]</sup>、赤霉素(GA)<sup>[6]</sup>、生长素(IAA)<sup>[6]</sup>、茉莉酸(JA)<sup>[7]</sup>、乙烯(ET)<sup>[8]</sup>、油菜素内酯(BR)<sup>[9]</sup>和细胞分裂素(CTK)等密切相关<sup>[10]</sup>。在这些激素中,ABA 和 GA 作为主要的两种拮抗性激素,在种子休眠与萌发的调控过程中发挥着核心作用,它们充当着连接外界环境信号与内部生理响应的枢纽,成为种子休眠和萌发调控机制研究的重点,其他影响种子休眠的因素大多是通过调控 ABA 和 GA 的合成、代谢及其信号转导途径中相关基因的表达来实现对种子休眠特性的影响。

## 1 脱落酸

### 1.1 脱落酸的发现及其化学性质

脱落酸是一种关键植物激素,于 20 世纪 60 年代由 Addicott(研究棉铃脱落)和 Wareing(研究芽休眠)团队分别发现,1967 年统一命名,属倍半萜羧酸。脱落酸是一种具有 15 个碳的倍半萜结构的植物激素,在植物界广泛分布,天然存在于三球悬铃木(*Platanus orientalis*)、桦木(*Betula pendula*)、玫瑰叶(*Rosa spp.*)、卷心菜(*Brassica oleracea var. capitata*)、土豆(*Solanum tuberosum*)等植物中。它抑制种子的萌发,调节芽的休眠,促进离层形成与器官的衰老、脱落。

收稿日期:2025-05-06;修回日期:2025-09-11。

基金项目:国家自然科学基金(32460475);内蒙古自然科学基金重点项目(2023ZD08);内蒙古自治区直属高校基本科研业务费(BR231519)。

作者简介:党梦圆(1998—),女,硕士研究生,主要从事小麦抗穗发芽研究。Email: mengyuan9809@163.com。

\* 通信作者:杨 燕(1976—),女,博士,教授,主要从事小麦抗逆和品质研究。Email: yangyanchutao@126.com。

## 1.2 脱落酸影响种子休眠的生理机制

内源 ABA 水平对种子休眠起着重要作用,种子内源 ABA 积累取决于 ABA 合成与代谢途径的动态平衡。 $\beta$ -胡萝卜素是 ABA 合成的前体物质,在一系列酶催化下转变成 ABA<sup>[11]</sup>。*Osaba1* 是水稻中第一个与穗发芽相关的突变体,其穗发芽表型主要是由于 ABA 合成基因 *OsABA1* 发生突变而导致的<sup>[12]</sup>。在大麦中,*HvCYP707A1* 主要在胚根中表达,当种子吸涨后其表达水平显著增加,使得 ABA 水平迅速下降,表明该基因可能调节了大麦种子的萌发<sup>[13]</sup>。另外种子的休眠特性还与胚对外源 ABA 的敏感性相关,对 ABA 越敏感的材料,其休眠程度越强<sup>[14]</sup>。在 ABA 信号传导机制方面,有研究已阐明一条经典的信号转导通路:ABA 首先与受体蛋白 PYR/PYL/RCARs 结合,这种结合会抑制蛋白磷酸酶 PP2Cs 的活性,进而解除其对 SnRK2s 蛋白激酶的抑制作用,被激活的 SnRK2s 通过磷酸化修饰转录因子 ABFs 及其他下游靶蛋白,从而在转录水平和翻译后水平精确调控相关生理过程。具体而言,当 PRY1/PYL/RCAR 受体感知 ABA 信号后,会与 PP2C 形成蛋白复合物,解除 PP2C 对 SnRK2s 的抑制。随后,激活的 SnRK2s 进入细胞核内,通过磷酸化修饰转录因子来调控 ABA 响应基因的表达,最终实现 ABA 信号的级联放大<sup>[15]</sup>。Jia 等研究发现,组蛋白去甲基化酶 OsJMJ718 通过去除 PP2C 磷酸酶 OsPP2C 和转录因子 OsERF 的 H3K9me3 甲基化并激活其表达,进而分别抑制 ABA 信号通路和促进乙烯信号通路而促进种子萌发<sup>[16]</sup>。研究表明,水稻中存在一条新型的 ABA 信号调控模块即 *OsPP2C51* 能够直接使 *OsABI5* 失活,这一发现揭示了除经典的 *OsPYL/RCAR5-OsPP2C51-OsSAPK2-OsABI5* 信号通路外,还存在一条更简化的 *OsPYL/RCAR5-OsPP2C51-OsABI5* 调控路径<sup>[17]</sup>。此外,研究还发现 *OsMKKK62* 的过量表达会导致水稻种子休眠性丧失,而其下游成员 *OsMKK3*、*OsMPK7* 和 *OsMPK14* 的敲除则显著增强种子休眠水平,这表明 MKK3 级联反应在 ABA 信号转导过程中具有重要调控作用<sup>[18]</sup>。这些研究成果充分证明,ABA 代谢途径中的关键酶系及其调控分子在植物休眠与萌发过程中发挥着核心的调控功能。

## 1.3 脱落酸影响种子休眠的分子机制

近年来,在主要谷物作物中,研究人员已成功克隆并鉴定了多个与拟南芥同源基因功能相似的基因。以水稻为例,大量研究表明 ABA 在调控种子休眠和

抑制萌发过程中起着关键作用:He 等研究发现,水稻 FLOWERING LOCUST (FT)/TERMINAL FLOWER 1 (TFL1) 家族成员 *OsCEN2* 抑制种子的萌发,*OsCEN2-RNAi* 种子的萌发能力高于野生型,并伴随种子内 ABA 含量降低,而 *OsCEN2* 过表达株系表现出相反趋势<sup>[19]</sup>;Huang 等进一步研究发现,转录因子 *OsNAC3* 直接结合 ABA 分解代谢基因 *OsABA8ox1* 和细胞扩展基因 *OsEXP4* 的启动子,在种子萌发过程中激活它们的表达,从而促进 ABA 降解和细胞伸长,最终促进种子萌发<sup>[20]</sup>;Li 等研究发现,转录因子 *OsSAE1* 正调控水稻种子的萌发,*OsSAE1* 直接与 *OsABI5* 的启动子结合并抑制其表达<sup>[21]</sup>。WRKY 转录因子是植物中最大的转录因子家族,转录因子 WRKY29 靶向 *OsABF1* 和 *OsVPI* 抑制其表达,减弱 ABA 信号从而控制水稻种子休眠<sup>[22]</sup>。ABA 调控种子休眠的研究结果在玉米中也得到了证实。在 ABA 介导的穗发芽抑制途径中,*ZmVPI* 是一个至关重要的调节因子。*ZmABI4* 通过结合 ABA 响应基因启动子中的 coupling element 1 (CE1) 顺式作用元件 (CACCG and CCAC motif) 以调节靶基因的表达<sup>[23]</sup>。Utsugi 等研究发现,小麦中 *ABI5* 的同源基因 *TaABI5* 的表达量在种子萌发后显著下降,在拟南芥中异源表达 *TaABI5* 后发现种子的萌发受到抑制<sup>[24]</sup>。Rehal 等研究表明,小麦中 *TaNCEs* 和 *TaABI5* 的表达水平与籽粒的内源 ABA 含量及其信号转导途径紧密相关<sup>[25]</sup>。

## 2 赤霉素

### 2.1 赤霉素的发现及其化学性质

20 世纪早期,发现某些植物在某些情况下会呈现出不需休眠也能发芽等的生长特征,随后经过试验发现这种化合物,并将其命名为赤霉素。赤霉素化学结构中包含 1 个吡啶环和 1 个戊二醛结构。赤霉素具有促进植物生长的作用,还具有热稳定性,可以在高温下保持活性。赤霉素对植物的生长发育有多方面的影响,它能解除种子休眠,加快其萌发。

### 2.2 赤霉素影响种子休眠的生理机制

在赤霉素 (GA) 信号转导机制中,核心通路主要由 3 个关键组分构成:GA 受体 GID1 (GA-insensitive dwarf1)、E3 泛素连接酶 SCF-SLY1 复合物 (SKP1-cullin-F-box protein complex) 以及 DELLA (Asp-Glu-Leu-Leu-Ala) 蛋白家族。当 GID1 感知

GA 信号后,会激活 SLY1 介导的 DELLA 蛋白泛素化降解过程。这一降解过程具有重要的调控功能:一方面,通过解除 DELLA 蛋白对转录因子 ICE1 的抑制作用;另一方面,通过破坏 DELLA 蛋白与 ABI5 形成的复合物,从而有效拮抗 ABA 信号通路,最终促进种子休眠状态的解除。从生理功能角度而言,GA 主要由胚组织合成并分泌至胚乳,其通过多重机制促进种子萌发:包括激活胚活力、突破糊粉层或种皮的机械屏障限制,以及直接刺激胚的生长。这些发现系统阐释了 GA 在种子萌发过程中的核心调控作用及其分子机制。在谷物中,GA3oxs 具有多种酶活性,比如水稻 *OsGA3ox1* 含有额外的 2 $\beta$ -羟化酶和 2,3-去饱和酶活性,小麦 *TaGA3ox2* 具有 3 $\beta$ -羟化酶、2 $\beta$ -羟化酶、2,3-去饱和酶、2,3-环氧酶和 1,3-羟化酶活性<sup>[26]</sup>。赤霉素受体最早在水稻中被发现,其在水稻中的核心信号转导途径是 OsGID1-slender rice 1 (OsSLR1)-OsSCFGID2<sup>[27]</sup>。玉米有 2 个 DELLA 蛋白,分别是 dwarf plant8 (d8) 和 dwarf plant9 (d9)<sup>[28]</sup>。在大麦中,GA 主要由 GA sensitivity 1 (HvGSE1) 感知,被 slender1 (HvSLN1) 抑制<sup>[29]</sup>。赤霉素通过 GID1 受体-SCFSLY1-DELLA 蛋白核心通路调控种子萌发:降解 DELLA 蛋白,拮抗 ABA 信号,激活胚活力。谷物中 GA 代谢酶具有多样性,受体与 DELLA 蛋白存在物种特异性。在反应过程中,能拮抗 ABA 通路,从而增强胚活力,突破种皮限制,激活种子萌发。

### 2.3 赤霉素影响种子休眠的分子机制

谷类作物的赤霉素代谢系统较拟南芥更为复杂,表现为基因家族成员的显著扩增。以水稻为例,其赤霉素代谢通路涉及多个酶类基因家族:包括 4 个 *OsCPSs*<sup>[30]</sup>、9 个 *OsKSs*、5 个 *OsKOs*<sup>[31]</sup>、1 个 *OsKAO*、4 个 *OsGA20oxs*、2 个 *OsGA3oxs*<sup>[26]</sup>等。然而,功能研究表明,仅有 *OsCPS1*、*OsKS1*、*OsKO2* 和 *OsKAO* 参与 GA 生物合成的早期关键步骤<sup>[30]</sup>。在玉米中,也有 3 个 *ZmCPSs*、4 个 *ZmKSs* 和 2 个 *ZmKOs*。在玉米籽粒萌发过程中,共监测到 15 个赤霉素代谢相关基因的表达,他们分别是 *ZmCPS1*、*ZmCPS2*、*ZmKS1*、*ZmKS2*、*ZmKS4*、*ZmKO1*、*ZmKO2*、*ZmKAO*、*ZmGA20ox1*、*ZmGA20ox4*、*ZmGA20ox5*、*ZmGA3ox1*、*ZmGA2ox1*、*ZmGA2ox3* 和 *ZmGA2ox10*<sup>[32]</sup>。另外,有研究发现玉米 MYB59 通过直接调控 GA 失活关键基因 *GA2ox-3* 和 *GA2ox-10* 表达,减少活性 GA 含量,抑制种子萌

发<sup>[33]</sup>。在小麦的后熟籽粒中,检测到了 *TaKS*、*TaKO1*、*TaKAO1*、*TaGA20ox1*、*TaGA2ox1* 和 *TaGA2ox8* 这 6 个 GA 代谢基因的表达,表明这些基因可能参与了小麦的休眠调控<sup>[34]</sup>。尽管基因数量增多,但功能具有特异性,并在萌发和休眠中起核心调控作用。

## 3 乙烯

### 3.1 乙烯的发现及其化学性质

乙烯(C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)是 19 世纪首次发现的一种植物激素,在 1934 年,Gane 首次从成熟苹果中分离出乙烯,确认其作为内源性植物激素的作用<sup>[35]</sup>。1960 年后,乙烯被正式确立为五大经典植物激素之一。乙烯作为气体激素,调控多种植物过程,如叶片的脱落、花和果实成熟等。

### 3.2 乙烯影响种子休眠的生理机制

乙烯在种子吸胀开始后立即产生,并随着萌发时间的延长而增加;乙烯释放高峰与胚根突破种皮一致<sup>[36]</sup>。种子中的乙烯生成具有物种依赖性,但是,膨胀期乙烯的释放量往往比气相色谱法测定的要低。有研究发现,ETH 响应因子 ERF12 在拟南芥的一个种子休眠突变体 *rdo3* 中上调表达,通过遗传和生理生化分析揭示,ERF12 可与休眠关键基因 *DOG1* 的启动子结合,抑制 *DOG1* 的表达,负调控种子休眠<sup>[37]</sup>。

### 3.3 乙烯影响种子休眠的分子机制

乙烯(ETH)作为重要的植物激素,在调控种子休眠与萌发过程中发挥着关键作用,并与 ABA 和 GA 形成复杂的互作网络共同调控谷物穗发芽(PHS)过程。研究表明,ABA 和 GA 处理可通过调节 ACC 氧化酶(ACO)的表达水平来影响乙烯的生物合成。在乙烯合成突变体 *aco2* 中,由于 ACO 功能缺失导致乙烯合成受阻<sup>[38]</sup>。从作用机制来看,乙烯主要通过两条途径参与种子萌发调控:一方面,通过抑制植物体内 ABA 的释放来促进萌发;另一方面,通过正向调控 GA3、GA4、GA6 等活性赤霉素(GAS)的生物合成及其信号转导途径来促进种子发芽<sup>[39]</sup>。这些发现揭示了乙烯在种子休眠与萌发调控网络中的枢纽作用。Wang 等经过研究 ETH 对拟南芥 *PRT6* (PROTE-OLYSIS6) 突变体 *prt6* 种子的初级休眠发现,ETH 能够促进 *prt6* 种子的休眠,表明 *prt6* 种子对 ETH 不敏感,主要原因是由于 GA 信号受到干扰,

且 ETH 的促进作用与 GAs、ABA 信号中的休眠相关基因(如 *RGA*、*RGL2* 和 *ABI5*)的下调表达有关<sup>[40]</sup>。研究发现乙烯响应因子 ERF12 可以与 *DOG1* 启动子上的 DRE/CRT 元件直接结合,抑制 *DOG1* 基因的表达,进而调控种子的休眠性<sup>[41]</sup>。

## 4 生长素

### 4.1 生长素的发现及其化学性质

克格尔在 1933 年从人的尿液和酵母中分离出吲哚乙酸,并用其在燕麦试验中使胚芽鞘发生弯曲,从而证实了吲哚乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)是一种广泛存在于植物组织中的生长素。生长素作为一种广泛存在于植物细胞内的信号分子,参与植物的生长发育以及对外界环境的应答。

### 4.2 生长素影响种子休眠的生理机制

此前,生长素并不被认为是种子休眠和萌发的关键调控因子,尽管它参与 ABA 的串扰过程<sup>[42]</sup>。通过施加外源生长素可以抑制高盐浓度条件下的种子萌发,表明该激素在种子休眠和萌发中起重要作用。早期的研究表明,IAA 可以延缓小麦种子的萌发,抑制小麦的穗发芽<sup>[43]</sup>。生长素信号通路的异常会显著改变种子萌发过程对 ABA 的响应敏感性。转录因子 *ABI4* 和 *ABI5* 被证实是生长素调控种子萌发抑制的关键中介分子,这一发现揭示了 ABA 通过调控这些关键因子来拮抗生长素介导的萌发过程<sup>[44]</sup>。进一步研究发现,种子在后熟过程中对生长素敏感性的逐渐降低与其休眠状态的解除密切相关。生长素以浓度依赖的方式调控种子的休眠与萌发,在种子萌发过程中,生长素负调控 GA 的生物合成与信号转导途径<sup>[45]</sup>。因此,生长素与 ABA 和 GA 共同构成了调控种子休眠与萌发的核心激素网络,在种子生理调控中发挥着不可替代的重要作用。

### 4.3 生长素影响种子休眠的分子机制

基于上述,生长素也是具有诱导种子休眠功能的植物激素。在诱导种子休眠调控过程中,生长素信号通路下游的生长素响应因子(ARF)ARF10/16/17 发挥着关键调控作用<sup>[46]</sup>。研究发现,参与 ABA 信号转导和生物合成的关键基因如 *ABI* 家族和 *NCED* 家族等具有两个显著特征<sup>[47]</sup>:首先,这些基因在不同发育阶段的表达水平存在明显差异;其次,它们的启动子区均含有“TGTGTC”序列的生长素响应元件

(AuxRE)<sup>[48]</sup>。ARF10 和 ARF16 能够直接结合 *NCED9* 启动子区的 AuxRE,激活其表达促进 ABA 合成,从而抑制种子萌发<sup>[49]</sup>。ARF3 则通过结合 *ABI3* 启动子区的 AuxRE(“TGTCTC/TGTGTC”)来调控其表达,介导生长素与 ABA 的相互作用<sup>[50]</sup>。通过进一步分析这些基因启动子区 RY 元件的保守性,研究人员鉴定出多个关键调控基因,包括种子休眠相关基因 *DOG1* 和生长素信号转导相关基因 *MIR160* 等<sup>[46]</sup>。这些发现为深入理解生长素介导的种子休眠机制提供了重要线索。

## 5 其他

种子休眠与萌发是一个很复杂的调控过程,其他植物激素包括茉莉酸酯(Jasmonate, JAs)、油菜素内酯(Brassinosteroid, BR)和细胞分裂素(Cytokinin, CK)也参与了谷物籽粒穗发芽的调节。茉莉酸甲酯(MeJA)与 ABA 的作用类似,能够提高谷物的穗发芽抗性;BR、CK 与 GA 的作用类似,能够促进谷物萌发。

茉莉酸酯(JAs)是调节种子休眠和萌发的植物激素之一,JAs 的这些作用是由种子 JA 水平和敏感性介导的<sup>[51]</sup>。JAs 在调节种子休眠和萌发中的作用已经在拟南芥和小麦中得到研究。Pan 等发现,茉莉酸信号途径中的 Jaz 蛋白可以与 ABA 信号通路中的 *ABI3*、*ABI5* 相互作用,同时阻碍由 *ABI3/ABI5* 所介导的下游靶标基因的转录激活,进而促进了种子的休眠,延缓了种子萌发<sup>[52]</sup>。

油菜素内酯(BR)对种子休眠的调控主要表现为拮抗脱落酸(ABA)的作用,从而促进休眠解除和萌发。BR 通过其核心信号通路(*BRI1*-*BAK1*-*BIN2*-*BZR1/ BES1*)激活下游基因表达,一方面直接抑制 ABA 生物合成关键基因(如 *NCED*)的表达并促进其降解,降低内源 ABA 水平;另一方面,BR 信号通路组分与 ABA 信号通路中的 *ABI3*、*ABI5* 等关键转录因子发生互作,干扰其抑制萌发的功能。BR 是另一种通过 GA 和 ABA 信号促进谷物发芽的植物激素。BR 信号中的转录因子 *BES1* 通过 non-E-box 基序[5'-AA(A/T)CAAC(C/T)T-3']与 *GA20ox1*、*GA3ox1* 和 *GA3ox4* 的启动子结合以诱导 GA 合成<sup>[53]</sup>。此外,*BES1* 还可以通过抑制 *ABI5* 促进拟南芥种子萌发<sup>[54]</sup>。水稻 brassinazole resistant 1 (*OsBZR1*)是另一个 BR

调节的转录因子,在正常生理条件下以BR诱导的方式与 *OsGA3ox2* 的启动子结合,导致水稻中GA1的积累;但当BR水平过高时,*OsBZR1* 诱导 *OsGA2ox3* 表达使GA失活,从而控制水稻体内的GA平衡<sup>[55]</sup>。

细胞分裂素在种子休眠与萌发过程中主要发挥促进萌发、拮抗休眠的作用。其机制主要通过干扰脱落酸(ABA)的信号传导来实现:细胞分裂素可诱导蛋白磷酸酶PP2C的表达,从而抑制ABA核心信号组分SnRK2s的活性,并进一步抑制下游ABI5等转录因子的功能,减弱ABA介导的休眠维持信号,促进种子萌发<sup>[56]</sup>。细胞分裂素通过抑制ABA生物合成基因(如*NCED6*)和信号基因(如*ABI3*、*ABI4*、*ABI5*)的表达,从而打破种子休眠<sup>[56]</sup>。同时,细胞分裂素与赤霉素(GA)存在协同效应,共同激活细胞周期相关基因表达、促进胚细胞分裂与分化。外源施加细胞分裂素或提高内源细胞分裂素水平能够有效打破拟南芥和水稻等种子的休眠状态,而细胞分裂素氧化酶(CKX)过表达导致的细胞分裂素缺陷型则往往表现出休眠加深<sup>[57]</sup>。因此,细胞分裂素通过拮抗ABA信号、协同GA途径,在调控种子休眠解除中扮演关键角色。大麦中细胞分裂素的作用与乙烯和ABA通路密切相关,其机制在不同物种中可能具有保守性,但也存在物种特异性。

## 6 结语

收获前穗发芽是制约谷物产量与品质提升的关键因素。深入研究植物激素的作用机制,有助于全面揭示穗发芽的生理与分子机制,为防控措施的开发提供理论依据。在众多解决方案中,利用育种手段培育抗穗发芽品种,被认为是最经济、最环保且最具根本性的途径。基于激素调控机制的分子设计育种,能够实现对目标性状的精准改良,并显著提高育种效率。

此外,依据脱落酸(ABA)和赤霉素(GAs)合成与代谢的关键途径,可开发新型化学调控剂,通过外源调节内源激素水平,可有效控制种子休眠与萌发进程。同时,对种子休眠特性的深入解析,也为制定科学的种子贮藏策略、健全种子活力检测体系及完善质量标准提供了重要支撑,对推动现代种子产业的高质量发展和保障农业用种安全具有至关重要的意义。

## 参考文献:

- [1] 张维军,赵俊杰,何进尚,等. 宁夏小麦种质资源穗发芽抗性鉴定及相关分子标记的有效性评价[J]. 麦类作物学报, 2019,39(5):532-539.
- [2] XU F,TANG J Y,GAO S P,et al. Control of rice pre-harvest sprouting by glutaredoxin-mediated abscisic acid signaling[J]. The Plant Journal,2019,100(5):1036-1051.
- [3] LANG J,FU Y X,ZHOU Y,et al. Myb10-D confers PHS-3D resistance to pre harvest sprouting by regulating NCED in ABA biosynthesis pathway of wheat[J]. New Phytologist,2021,230(5):1940-1952.
- [4] 吴玉,沈永宝,史锋厚. 调控植物种子发育的转录因子研究进展[J]. 生物技术通报,2019,35(11):150-159.
- [5] LIU X,WANG J,YU Y,et al. Identification and characterization of the rice pre-harvest sprouting mutants involved in molybdenum cofactor biosynthesis[J]. New Phytologist,2019,222(1):275-285.
- [6] CHENG X R,WANG S X,XU D M,et al. Identification and analysis of the *GASR* gene family in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and characterization of *TaGASR34*, a gene associated with seed dormancy and germination[J]. Frontiers in Genetics,2019,10:980.
- [7] LIU S B,SEHGAL S K,LI J R,et al. Cloning and characterization of a critical regulator for preharvest sprouting in wheat[J]. Genetics, 2013,195(1):263-273.
- [8] JU L,JING Y X,SHI P T,et al. JAZ proteins modulate seed germination through interaction with ABI5 in bread wheat and *Arabidopsis*[J]. New Phytologist,2019,223(1):246-260.
- [9] LIN Y C,YANG L,PAUL M,et al. Ethylene promotes germination of *Arabidopsis* seed under salinity by decreasing reactive oxygen species:evidence for the involvement of nitric oxide simulated by sodium nitroprusside[J]. Plant Physiology and Biochemistry,2013,73:211-218.
- [10] LI W,XIE H X,REN Z H,et al. Response of N<sub>2</sub>O emissions to N fertilizer reduction combined with biochar application in a rain-fed winter wheat ecosystem[J]. Agriculture,Ecosystems & Environment,2022,333:107968.
- [11] FINKELSTEIN R. Abscisic acid synthesis and response[J]. The Arabidopsis Book,2013,11:e0166.
- [12] AGRAWAL G K,YAMAZAKI M,KOBAYASHI M,et al. Screening of the rice viviparous mutants generated by endogenous retrotransposon *Tos17* insertion. Tagging of a zeaxanthin epoxidase gene and a novel *OsTATC* gene[J]. Plant Physiology,2001,125(3):1248-1257.
- [13] CHONO M,HONDA I,SHINODA S,et al. Field studies on the regulation of abscisic acid content and germinability during grain development of barley:molecular and chemical analysis of pre-harvest sprouting[J]. Journal of Experimental Botany,

- 2006,57(10):2421–2434.
- [14] FENG Y M,HAN Y,HAN B,et al. A 4 bp InDel in the promoter of wheat gene *TaAFP-B* affecting seed dormancy confirmed in transgenic rice[J]. *Frontiers in Plant Science*,2022,13:837805.
- [15] NISHIMURA N,TSUCHIYA W,MORESCO J J,et al. Control of seed dormancy and germination by DOG1–AHG1 PP2C phosphatase complex via binding to heme[J]. *Nature Communications*,2018,9(1):2132.
- [16] JIA J T,LUO Y J,WU Z Y,et al. *OsJM718*,a histone demethylase gene,positively regulates seed germination in rice[J]. *The Plant Journal*,2024,118(1):191–202.
- [17] BHATNAGAR N,MIN M K,CHOI E H,et al. The protein phosphatase 2C clade A protein OsPP2C51 positively regulates seed germination by directly inactivating OsbZIP10[J]. *Plant Molecular Biology*,2017,93(4/5):389–401.
- [18] MAO X X,ZHANG J J,LIU W G,et al. The MKKK62–MKK3–MAPK7/14 module negatively regulates seed dormancy in rice[J]. *Rice*,2019,12(1):2.
- [19] HE Y,LI L Y,SHI W B,et al. Florigen repression complexes involving rice CENTRORADIALIS2 regulate grain size[J]. *Plant Physiology*,2022,190(2):1260–1274.
- [20] HUANG C W,ZHAO J,HUANG Q Q,et al. OsNAC3 regulates seed germination involving abscisic acid pathway and cell elongation in rice[J]. *New Phytologist*,2024,241(2):650–664.
- [21] LI Y X,ZHOU J H,LI Z,et al. Salt and ABA response *erf1* improves seed germination and salt tolerance by repressing ABA signaling in rice[J]. *Plant Physiology*,2022,189(2):1110–1127.
- [22] ZHOU C L,LIN Q B,LAN J,et al. WRKY transcription factor OsWRKY29 represses seed dormancy in rice by weakening abscisic acid response[J]. *Frontiers in Plant Science*,2020,11:691.
- [23] MCCARTY D R,HATTORI T,CARSON C B,et al. The Viviparous-1 developmental gene of maize encodes a novel transcriptional activator[J]. *Cell*,1991,66(5):895–905.
- [24] UTSUGI S,ASHIKAWA I,NAKAMURA S,et al. TaABI5,a wheat homolog of *Arabidopsis thaliana* ABA insensitive 5, controls seed germination[J]. *Journal of Plant Research*,2020,133(2):245–256.
- [25] REHAL P K,TUAN P A,NGUYEN T N,et al. Genetic variation of seed dormancy in wheat (*Triticum aestivum* L.) is mediated by transcriptional regulation of abscisic acid metabolism and signaling[J]. *Plant Science*,2022,324:111432.
- [26] ITOH H,UEGUCHI-TANAKA M,SENTOKU N,et al. Cloning and functional analysis of two gibberellin 3 beta -hydroxylase genes that are differently expressed during the growth of rice[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*,2001,98(15):8909–8914.
- [27] UEGUCHI-TANAKA M,NAKAJIMA M,KATOH E,et al. Molecular interactions of a soluble gibberellin receptor,GID1, with a rice DELLA protein, SLR1, and gibberellin[J]. *The Plant Cell*,2007,19(7):2140–2155.
- [28] LAWIT S J,WYCH H M,XU D P,et al. Maize DELLA proteins dwarf plant8 and dwarf plant9 as modulators of plant development[J]. *Plant & Cell Physiology*,2010,51(11):1854–1868.
- [29] CHANDLER P M,HARDING C A,ASHTON A R,et al. Characterization of gibberellin receptor mutants of barley (*Hordeum vulgare* L.)[J]. *Molecular Plant*,2008,1(2):285–294.
- [30] SAKAMOTO T,MIURA K,ITOH H,et al. An overview of gibberellin metabolism enzyme genes and their related mutants in rice[J]. *Plant physiology*,2004,134(4):1642–1653.
- [31] ZHANG H,LI M,HE D L,et al. Mutations on ent-kaurene oxidase 1 encoding gene attenuate its enzyme activity of catalyzing the reaction from ent-kaurene to ent-kaurenoic acid and lead to delayed germination in rice[J]. *PLoS Genetics*,2020,16(1):e1008562.
- [32] SONG J,GUO B J,SONG F W,et al. Genome-wide identification of gibberellins metabolic enzyme genes and expression profiling analysis during seed germination in maize[J]. *Gene*,2011,482(1/2):34–42.
- [33] 翟凯辉. ZmMYB59 参与 GA 信号通路负调控玉米种子萌发的分子机制研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2022:40–41.
- [34] LIU A H,GAO F,KANNO Y,et al. Regulation of wheat seed dormancy by after-ripening is mediated by specific transcriptional switches that induce changes in seed hormone metabolism and signaling[J]. *PLoS One*,2013,8(2):e56570.
- [35] GANE R. Production of ethylene by some ripening fruits[J]. *Nature*,1934,134(3400):1008.
- [36] EL-MAAROUF-BOUTEAU H,SAJJAD Y, BAZIN J,et al. Reactive oxygen species,abscisic acid and ethylene interact to regulate sunflower seed germination[J]. *Plant,Cell & Environment*,2015,38(2):364–374.
- [37] LI X Y,CHEN T T,LI Y,et al. ETR1/RDO3 regulates seed dormancy by relieving the inhibitory effect of the ERF12–TPL complex on *DELAY OF GERMINATION1* expression[J]. *The Plant Cell*,2019,31(4):832–847.
- [38] VAN DE POEL B,SMET D,VAN DER STRAETEN D. Ethylene and hormonal cross talk in vegetative growth and development[J]. *Plant Physiology*,2015,169(1):61–72.
- [39] XIA Q,SAUX M,PONNAIAH M,et al. One way to achieve germination:common molecular mechanism induced by ethylene and after-ripening in sunflower seeds[J]. *International Journal of Molecular Sciences*,2018,19(8):2464.
- [40] WANG X,GOMES M M,BAILLY C,et al. Role of ethylene and proteolytic N-degron pathway in the regulation of

- Arabidopsis* seed dormancy[J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 2021,63(12):2110–2122.
- [41] LI X Y, CHEN T T, LI Y, et al. ETR1/RDO3 regulates seed dormancy by relieving the inhibitory effect of the ERF12–TPL complex on DELAY OF GERMINATION1 expression. [J]. *The Plant Cell*, 2019,31(4):832–847.
- [42] 王 平. 野生稻种子休眠基因的挖掘和育种利用[D]. 南京:南京农业大学, 2022:9.
- [43] RAMAIIH S, GUEDIRA M, PAULSEN G M. Relationship of indoleacetic acid and tryptophan to dormancy and preharvest sprouting of wheat [J]. *Functional Plant Biology*, 2003,30(9): 939–945.
- [44] MATILLA A J. Auxin: hormonal signal required for seed development and dormancy[J]. *Plants*, 2020,9(6):705.
- [45] SHUAI H W, MENG Y J, LUO X F, et al. Exogenous auxin represses soybean seed germination through decreasing the gibberellin/abscisic acid (GA/ABA) ratio[J]. *Scientific Reports*, 2017,7(1):12620.
- [46] CHOI H S, SEO M, CHO H T. Two TPL–binding motifs of ARF2 are involved in repression of auxin responses[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2018,9:00372.
- [47] 李继洋, 代培红, 杨 洁, 等. 基于 ARF10 转录因子功能验证及其对拟南芥种子休眠和萌发的影响[J]. *新疆农业大学学报*, 2018,41(2):109–116.
- [48] BOER D R, FREIRE–RIOS A, VAN DEN BERG W A M, et al. Structural basis for DNA binding specificity by the auxin–dependent ARF transcription factors[J]. *Cell*, 2014,156(3):577–589.
- [49] LIU X D, ZHANG H, ZHAO Y, et al. Auxin controls seed dormancy through stimulation of abscisic acid signaling by inducing ARF–mediated ABI3 activation in *Arabidopsis* [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2013,110(38):15485–15490.
- [50] MEI S, ZHANG M H, YE J W, et al. Auxin contributes to jasmonate–mediated regulation of abscisic acid signaling during seed germination in *Arabidopsis* [J]. *The Plant Cell*, 2023,35(3):1110–1133.
- [51] LINKIES A, LEUBNER–METZGER G. Beyond gibberellins and abscisic acid: how ethylene and jasmonates control seed germination[J]. *Plant Cell Reports*, 2012,31(2):253–270.
- [52] PAN J J, HU Y R, WANG H P, et al. Molecular mechanism underlying the synergistic effect of jasmonate on abscisic acid signaling during seed germination in *Arabidopsis* [J]. *The Plant Cell*, 2020,32(12):3846–3865.
- [53] 于好强, 孙福艾, 冯文奇, 等. 转录因子 BES1/BZR1 调控植物生长发育及抗逆性[J]. *遗传*, 2019,41(3):206–214.
- [54] ZHAO X, DOU L R, GONG Z Z, et al. BES1 hinders ABSCISIC ACID INSENSITIVE5 and promotes seed germination in *Arabidopsis* [J]. *New Phytologist*, 2019,221(2):908–918.
- [55] TONG H N, XIAO Y H, LIU D P, et al. Brassinosteroid regulates cell elongation by modulating gibberellin metabolism in rice [J]. *The Plant Cell*, 2014,26(11):4376–4393.
- [56] WANG Y P, LI L, YE T T, et al. Cytokinin antagonizes ABA suppression to seed germination of *Arabidopsis* by downregulating ABI5 expression [J]. *The Plant Journal*, 2011,68(2):249–261.
- [57] YANG W B, CORTIJO S, KORSBO N, et al. Molecular mechanism of cytokinin–activated cell division in *Arabidopsis* [J]. *Science*, 2021,371(6536):1350–1355.

## Regulation Mechanism of Different Plant Hormones on Grain Seed Dormancy

DANG Mengyuan, LI Xiaolong, ZHU Shasha, XING Yanping, YANG Yan

(Key Lab of Germplasm Innovation and Utilization of Triticeae Crop at Universities of Inner Mongolia Autonomous Region / Functional Laboratory of Plant Biotechnology, College of Life Sciences, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010026, China)

**Abstract:** Cereal crops are important food crops in the world, providing essential nutrients for human beings. The problem of pre-harvest sprouting seriously affects the processing quality and nutritional quality of grains. The problem of pre-harvest sprouting is closely related to the formation and release of seed dormancy, which are mainly regulated by abscisic acid (ABA), gibberellin (GA), jasmonic acid (JA), auxin (IAA), brassinolide (BR), ethylene (ET), cytokinin (CTK), and so on. This paper mainly expounds the effects of hormones on grain dormancy from the physiological and molecular mechanisms of plant hormones affecting seed dormancy and hormone regulation pathways, which is of great significance for improving grain yield and quality.

**Key Words:** Cereal crops; Plant hormone; Dormancy; Germination; Cereal quality

王 孟,李振姣. 陕西省粳性糜子种质资源农艺性状鉴定与利用[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):19-25 (2025-09-17). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.003>.

# 陕西省粳性糜子种质资源农艺性状鉴定与利用

王 孟,李振姣\*

(榆林市农业科学研究院,陕西 榆林 719000)

**摘要:**本文对陕西省收集的 885 份粳性糜子种质资源的 9 个主要农艺性状(包括株高、穗长、主茎节数、千粒质量和生育期等)进行了系统鉴定与评估。通过分析各性状的变异特征及内在相关性,共筛选出 125 份抗倒伏资源、17 份大粒型资源、145 份特异粒色资源及 2 份高秆代表性材料,可为糜子优良品种选育与种质创新提供重要的资源基础。

**关键词:**糜子;种质资源;鉴定;评价

中图分类号:S515

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20250072

糜子作为一种耐旱、耐瘠薄的作物,在我国北方干旱和半干旱地区具有重要的经济和生态价值<sup>[1-4]</sup>。糜子是榆林地区特色优势产物,其耐瘠薄,是新垦地上的先锋作物。糜子生育期短,生长迅速,被称为救灾备荒作物,在遭受旱、涝、雹灾害之后,补种、抢种糜子,可充分利用其他作物难以充分利用的水热资源,夺取好收成<sup>[5-7]</sup>。

目前选育的糜子品种大多数是在原地方品种的基础上,通过作物遗传变异改良与创新,从而获得综合性状优良的新品种,因而重视地方品种资源的性状鉴定、评价与研究利用,进一步发掘地方农家品种的特色及利于生产的遗传基因,这不仅是糜子育种基础研究的重要内容,也是开展糜子主要遗传性状分析研究的重要环节。

本研究对陕西省收集保存的 885 份粳性糜子品种进行了主要农艺性状鉴定,旨在系统评估其遗传多样性,筛选综合性状优良的品种用于大面积推广,并挖掘其中蕴含的特异种质与优异性状基因,为陕西糜子新品种选育提供优良亲本与基础材料。

收稿时间:2025-06-24;修回日期:2025-09-02。

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-06-14.5-B27);农业农村部重要特色物种育种联合攻关任务:国家糜子育种联合攻关(第 55 号)。

作者简介:王 孟(1980—),男,高级农艺师,主要从事小杂粮研究工作。Email: wangmeng3214@126.com。

\* 通信作者:李振姣(1989—),女,硕士,助理农艺师,主要从事糜子育种工作。Email: 1282353840@qq.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

参试材料为陕西省保存的粳性糜子种质资源,共 885 份,其中来自榆林 333 份、延安 219 份、铜川 37 份、渭南 68 份、西安 7 份、宝鸡 29 份、咸阳 67 份、商洛 6 份、省外及国外 119 份。

### 1.2 种植方法

试验于 2023 年 6 月在榆林市农业科学研究院试验基地(109°47'29"E、38°22'47"N)进行,前茬为绿豆。土质为砂壤土,有机质含量(质量分数,下同) 5.58 g/kg、碱解氮含量 16.70 mg/kg、有效磷含量 14.9 mg/kg、速效钾含量 85 mg/kg, pH 值 8.3。每个品种种植 3 行,行长 2 m,行距 35 cm,品种之间行距 80 cm,南北留 1 m 走道,按照编号顺序排列。播种方式采用人工开沟,人工撒种。

### 1.3 性状观察与记录

根据当地气候条件,糜子于 2023 年 6 月 15 日播种,7 d 后记载其出苗期,7—8 月记载花序色,9 月记载其成熟期及株高、穗长等田间农艺性状,10 月收获并且进行千粒质量等室内考种。每个品种选有代表性的 5 株进行考种,数据采集及记载严格依照《国家糜子品种区域试验调查记载项目及标准》进行。

### 1.4 数据分析

以 885 份糜子资源为研究样本,对主要农艺性状平均值及变异系数等进行描述分析,所采集的数据用 Excel 2010、SPSS 25.0 软件进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 对糜子资源质量性状的调查

通过对 885 份糜子资源的花序色、穗型、粒色质量性状的调查(表 1)发现,大部分资源的花序色为绿色,占总数的 79.20%;穗型以侧穗为主,占 68.40%;粒色则以黄粒最多,占 51.30%,其次是红粒

和白粒品种。在籽粒颜色方面,有 14 份品种呈现复色,如绥德白糜子、延安白落散、延长白老糜、定边灰糜子等;56 份品种为黑色籽粒品种,如定边黑糜子、绥德黑糜子、志丹黑硬糜、富县黑硬糜等;另有 75 份品种为灰色籽粒品种,如子洲大瓦灰、米脂灰硬糜等。这些特异粒色资源能够契合观光农业、旅游农业等新型产业的发展模式。

表 1 885 份糜子资源的花序色、穗型与粒色

项目		份数 / 份	所占比例 / %
花序色	绿	701	79.20
	紫	184	20.80
穗型	侧穗	605	68.40
	散穗	263	29.70
	密穗	17	1.90
粒色	黄	454	51.30
	红	160	18.08
	白	126	14.24
	黑	56	6.32
	灰	75	8.48
	复色	14	1.58

2.2 对糜子资源数量性状的比较

调查结果(表 2)显示,所有参试品种株高幅度在 48.00 ~ 233.00 cm,平均 139.81 cm,标准差 26.59 cm,变异系数 19.02%。穗长幅度在 16.00 ~ 55.00 cm,主要分布在 30 ~ 40 cm,平均 38.19 cm,变异系数为

14.60%。主茎节数幅度在 4.00 ~ 12.00 个,平均 7.36 个,变异系数 14.71%。千粒质量幅度在 3.80 ~ 9.90 g,平均 7.13 g,变异系数 11.32%。参试品种的生育期在 60.00 ~ 116.00 d,平均 92.92 d,变异系数 15.86%。

表 2 不同糜子品种数量性状的比较

	均值	最大值	最小值	极差	标准差	变异系数 / %
株高 /cm	139.81	233.00	48.00	185.00	26.59	19.02
穗长 /cm	38.19	55.00	16.00	39.00	5.60	14.60
主茎节数 / 个	7.36	12.00	4.00	8.00	1.10	14.71
千粒质量 /g	7.13	9.90	3.80	6.10	0.80	11.32
生育期 /d	92.92	116.00	60.00	56.00	14.70	15.86

2.2.1 株高。供试糜子有 317 份品种的株高主要分布在 120.00 ~ 140.00 cm,占总数的 35.82%,说明收集到的糜子资源大部分为中矮秆材料。有 19 份品种的株高在 48.00 ~ 80.00 cm,占总数的 2.15%,这些品种主要来自印度。株高较高的品种可作为父本来培育,株高较矮的品种可作为母本来培育,株高适中且综合性状较好的品种可在当地大面积推广种植(图 1)。

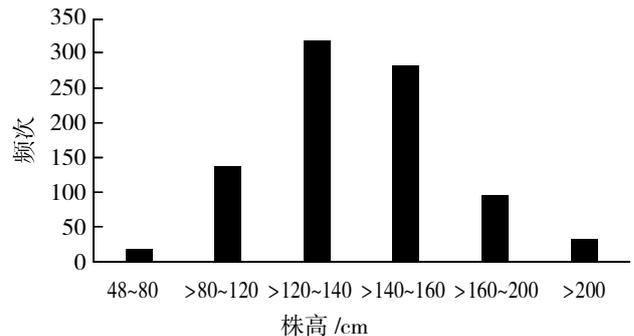


图 1 糜子株高频次分布图

**2.2.2 穗长。**由图2可见,穗长最短的为延安子长的沔堵黄硬糜,其次是印度品种,印度品种的穗长整体较短,均在30 cm以下。穗长最长的是咸阳长武的六十天糜。因为穗长还要参照穗密度、千粒质量

等指标确定是否适合在当地推广,所以暂时挑出穗长在50 cm以上的6份品种供育种专家参考,为当地推广大穗、高产的糜子品种提供理论基础。

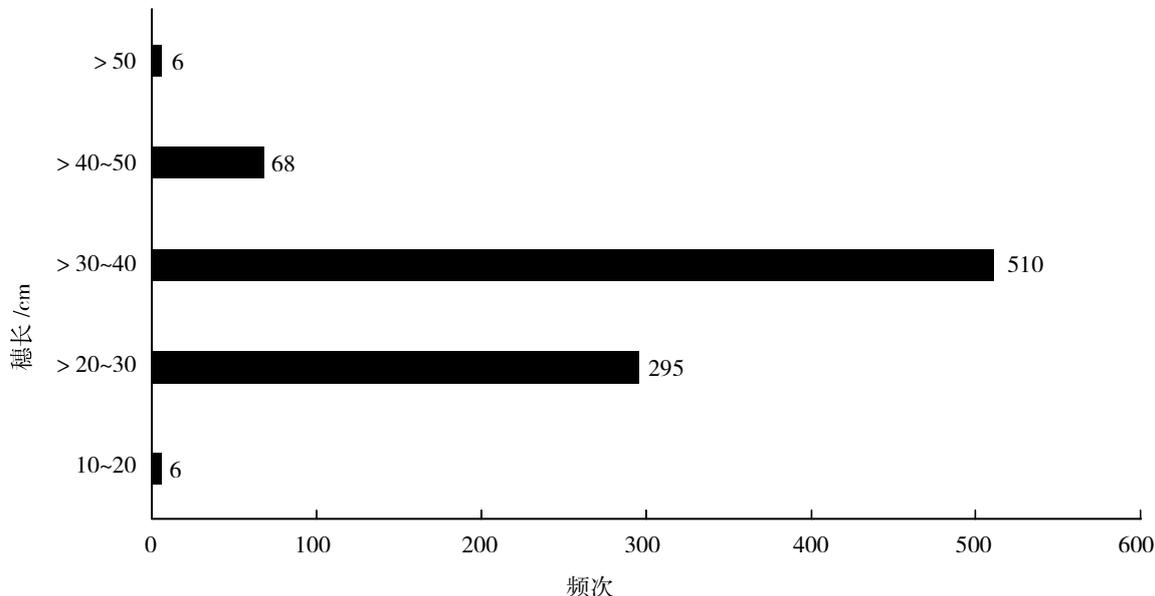


图2 糜子穗长频次分布图

**2.2.3 主茎节数。**结果显示,主茎节数主要分布在7~8个,占总数的69.9%。主茎节数最小的均为印度品种(图3)。

占总数的79.8%,千粒质量最大的是延安宜川的黄糜子和甘肃的白糜,千粒质量达9.90 g。因为千粒质量直接反映了糜子的质量水平,所以挑选出千粒质量在8.00 g以上的96个品种供育种家作为大粒型资源进行深入研究。

**2.2.4 千粒质量。**从千粒质量频次分布图(图4)可以看出,参试品种的千粒质量主要分布在6~8 g,

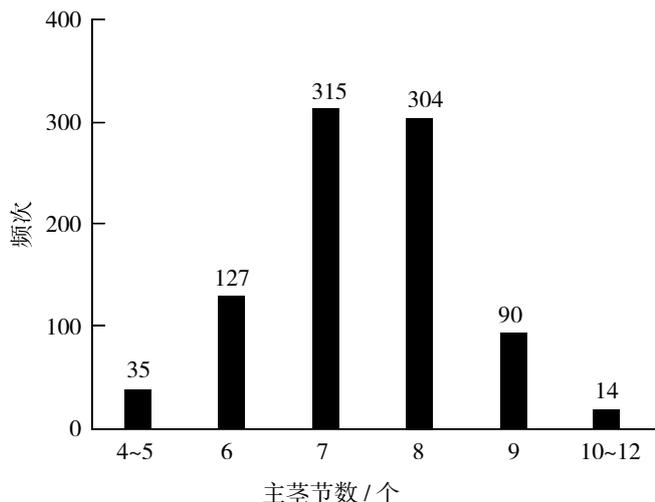


图3 糜子主茎节数频次分布图

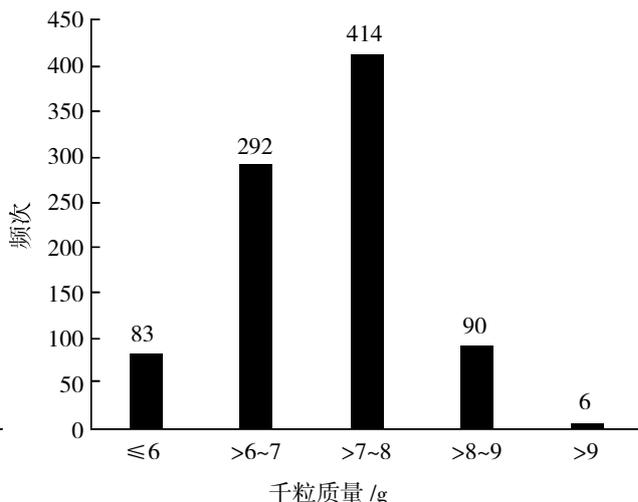


图4 糜子千粒质量频次分布图

**2.2.5 生育期。**通过对生育期的详细调查,结果(图5)表明,从生育期频次分布图中可以看出,大部分品种的生育期在100 d以上,占总数的47.34%,说明

所收集的种质资源大部分为晚熟品种。特早熟的品种共154份,其中最早熟的2份品种均为来自印度的790048、790050,印度品种在当地基本都早熟。

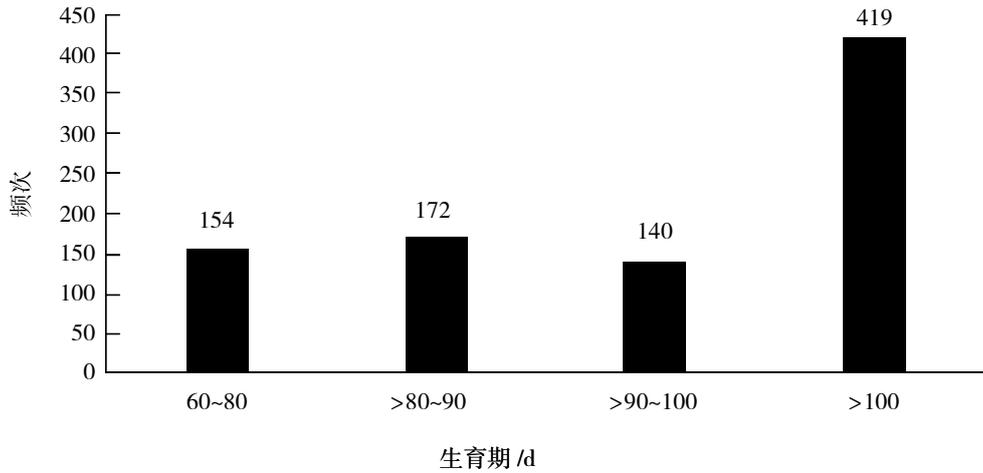


图5 糜子生育期频次分布图

### 3 主要农艺性状相关性分析

为了更好地挖掘和利用糜子种质资源,我们对以上参试品种的主要农艺性状进行相关性分析,这些性状包括株高、穗长、主茎节数、千粒质量、生育期(表3)。研究表明,从各农艺性状的简单相关性来看,株高与主穗长、主茎节数、千粒质量均呈极显著正相关,相关系数分别为0.308、0.489、0.288,其中株高与主茎节数的相关系数列所有农艺性状相关

性之首,说明随着株高的增加,主茎节数也有增加的趋势并且十分明显。株高与生育期相关不显著。主穗长与主茎节数、千粒质量、生育期均呈极显著正相关,但相关系数均较低,分别为0.112、0.269、0.095。主茎节数与千粒质量、生育期的相关性分别达到了显著正相关、极显著正相关,但相关系数较低。千粒质量与生育期虽呈极显著负相关,但是相关系数也较低,为-0.113,这可能是由于生育期较长,籽粒没有成熟导致的千粒质量较低。

表3 主要农艺性状相关性分析

	株高	主穗长	主茎节数	千粒质量	生育期
株高	1				
主穗长	0.308**	1			
主茎节数	0.489**	0.112**	1		
千粒质量	0.288**	0.269**	0.069*	1	
生育期	-0.037	0.095**	0.275**	-0.113**	1

注: \*、\*\* 分别表示在0.05、0.01水平上呈显著相关、极显著相关。

### 4 糜子特异性状资源的筛选与分析

利用这些丰富的糜子资源,发掘特异新种质,是糜子生产适应消费市场的多元化需求,适应现代糜子产业化发展的需求。

#### 4.1 抗倒伏糜子资源

糜子易倒伏,所以抗倒伏性一直是糜子研究工作者致力解决的问题,包括现在杂交选育出的糜子都具有抗倒伏性,所以筛选一批抗倒性好的糜子资源就显得尤为重要。本调查结果显示,抗倒性较好的种质资源共有124份(表4)。

表4 抗倒性较好的糜子种质资源

序号	品种名称	品种来源	序号	品种名称	品种来源	序号	品种名称	品种来源
1	黄糜子	子洲	43	灰硬糜	米脂	85	白糜子	合阳
2	黑糜子	陇县	44	黑硬糜	米脂	86	三变脸	合阳
3	小黄糜	府谷	45	白硬糜	绥德	87	黄糜子	合阳
4	黄糜子	府谷	46	黑糜子	绥德	88	旱八斗	澄城
5	黄糜子	府谷	47	黄硬糜	绥德	89	大里炎糜	澄城
6	小红糜	府谷	48	黄糜子	绥德	90	黑硬糜	白水
7	紫秆糜	神木	49	黄硬糜	子洲	91	白硬糜	蒲城
8	大红糜	神木	50	小黄糜	子洲	92	圪坨糜	耀县
9	黄糜	神木	51	大瓦灰	子洲	93	黄硬糜	耀县
10	黄糜子	神木	52	黄硬糜	子洲	94	白圪坨糜	大荔
11	红硬糜	榆林	53	白糜子	子洲	95	黄硬糜	大荔
12	二红糜	横山	54	黄糜子	子洲	96	黄糜子	华阴
13	一点红糜	横山	55	白硬糜	吴堡	97	白硬糜	临潼
14	黄糜子	横山	56	圪堵黄硬糜	子长	98	黄芒糜	临潼
15	白小糜	横山	57	红硬糜	子长	99	黄糜子	蓝田
16	大红糜	靖边	58	小红糜	安塞	100	圪坨糜	铜川
17	二黄糜	靖边	59	红硬糜	志丹	101	红硬糜	长武
18	黄糜子	靖边	60	大红糜	志丹	102	黄糜子	长武
19	大红糜	定边	61	红硬糜	志丹	103	黄糜子	长武
20	牛尾巴糜	定边	62	黑硬糜	志丹	104	白硬糜	旬邑
21	大红袍	定边	63	红硬糜	志丹	105	黄糜子	旬邑
22	红糜子	定边	64	红糜子	吴旗	106	褐红糜	旬邑
23	黑糜子	定边	65	黄小糜	吴旗	107	六十天糜	彬县
24	红糜子	定边	66	牛尾红	吴旗	108	红硬糜	彬县
25	黄糜子	定边	67	二黄糜	吴旗	109	黄糜子	彬县
26	红硬糜	定边	68	白硬糜	延川	110	红糜子	永寿
27	黄糜子	定边	69	红小糜	延川	111	牛尾稍	永寿
28	黄糜子	定边	70	白硬糜	延川	112	黄硬糜	永寿
29	黄糜子	定边	71	焦咀糜	延川	113	黄糜子	陇县
30	黄糜子	定边	72	白糜子	延长	114	六十天糜	陇县
31	黄糜子	定边	73	白硬糜	延安	115	圪坨糜	陇县
32	黑糜子	定边	74	焦咀糜	延安	116	黄糜子	商县
33	黑糜子	定边	75	老糜子	宜川	117	金积大黄	宁夏
34	红糜子	定边	76	黑硬糜	富县	118	黄糜	宁夏
35	灰麻糜	定边	77	黄糜子	洛川	119	甘谷糜	甘肃
36	灰糜	定边	78	硬大糜	黄陵	120	红糜	甘肃
37	灰糜子	定边	79	黄硬糜	黄陵	121	圆白糜	甘肃
38	小红糜	佳县	80	黄糜子	黄龙	122	青糜	甘肃
39	红硬糜	佳县	81	黑硬糜	黄龙	123	黄糜子	甘肃
40	黄糜子	佳县	82	竹叶青	宜君	124	散穗糜	山东
41	黄糜子	佳县	83	黄硬糜	宜君			
42	红硬糜	米脂	84	硬糜子	韩城			

### 4.2 大粒型且抗倒伏资源

千粒质量是衡量糜子产量的重要指标之一,它体现了种子的大小与饱满程度,是作物考种必测的指标,也是大田预测产量的主要依据。本次试验挑选出千粒质量在 8.0 g 以上的品种 96 份,与品种抗

倒伏性综合来看,千粒质量较大且不倒伏的品种共有 17 份(表 5),这些大粒型资源可作为当地推广的候选品种,待进一步鉴定其丰产性、适口性后决定是否大面积推广和应用。

表 5 大粒型且抗倒伏糜子资源

序号	品种名称	品种来源	序号	品种名称	品种来源	序号	品种名称	品种来源
1	黄糜子	府谷	7	大红袍	定边	13	红硬糜	志丹
2	黄糜子	府谷	8	红硬糜	佳县	14	红硬糜	志丹
3	红硬糜	榆林	9	黄糜子	佳县	15	红糜子	吴起
4	二黄糜	靖边	10	黑硬糜	米脂	16	牛尾红	吴起
5	大红糜	定边	11	红硬糜	子长	17	牛尾稍	永寿
6	牛尾巴糜	定边	12	大红糜	志丹			

### 4.3 代表性高秆材料

株高越高,代表生物量越大。在本次参试的 885 份地方品种中株高超过 160 cm 的共有 96 份,但是通过综合抗倒性来分析,大部分易倒伏,共挑选出宜川的老糜子和商县的黄糜子 2 份株高较高且不倒伏的资源,后续可作为代表性高秆优质资源进行利用。

相关性分析结果显示,株高与主茎节数的相关性达到极显著水平且相关系数最大,而其他性状间虽存在显著相关,但相关系数较低。这一结果暗示株高与主茎节数可能受共同的遗传调控机制影响,或存在紧密连锁的基因位点,在育种选择中需将二者作为协同调控的性状单元考量。同时,其他性状间较弱的相关性表明,多数农艺性状具有相对独立的遗传调控路径,这为多目标育种提供了可能性,但也要求育种过程需对各性状进行精准定向选择。例如,在追求产量相关性状优化时,需兼顾株高、主茎节数与其他性状的平衡,避免因单一性状选择导致其他优良性状丢失,从而确保最终培育品种的性状稳定性与综合农艺价值。

## 5 讨论

本研究针对陕西省收集的 885 份糜子种质资源的 9 个关键农艺性状展开遗传多样性评估,不仅明确了该区域糜子种质资源存在显著表型变异与丰富遗传多样性,更为糜子优异品种筛选及种质资源创新提供了核心理论支撑与实践依据,凸显了地方种质资源在作物育种领域的重要价值。

本研究筛选获得的 125 份抗倒伏资源、17 份大粒型资源、145 份特异粒色资源及 2 份代表性高秆材料,进一步丰富了陕西省糜子种质资源库的优异基因储备。其中,抗倒伏资源可为耐密植、抗逆性育种提供关键亲本;大粒型资源是提升糜子产量与商品性的重要素材;特异粒色资源则为功能性糜子品种的培育提供了独特遗传背景;而代表性高秆材料可作为研究株高遗传机制的重要试验材料。

从变异系数分析结果来看,千粒质量的变异系数最小,这一现象揭示出千粒质量在供试种质资源中具有相对稳定的遗传特性,受环境条件及其他外在因素的干扰较小,其表型差异主要由遗传因素决定。这一发现为糜子粒型改良育种提供了清晰方向,鉴于已鉴定的大粒型资源普遍具备抗倒伏的优良特性,可通过杂交育种手段将不同大粒型资源的大粒基因进行聚合累加。此举既能充分利用千粒质量遗传稳定的特性,降低后代性状分离带来的选育难度,又能整合抗倒伏基因,进而培育出粒型优异且抗逆性强的新型遗传资源,为解决糜子生产中“大粒与抗倒难以兼顾”的问题提供新思路。

综上,本研究系统解析了陕西省糜子种质资源的遗传多样性特征,明确了关键农艺性状的遗传规律与优异资源筛选结果,为后续糜子种质创新、品种改良及分子标记辅助育种的开展奠定了坚实基础,对推动区域糜子产业可持续发展具有重要现实意义。

## 6 结论

从变异系数的分析可知,千粒质量的变异系数最小,说明千粒质量的变异程度最小,千粒质量受其他条件影响最小。因此,可将现已鉴定的大粒型资源抗倒伏性强的品种之间进行杂交,在后代中累积培养它们的大粒基因以获得更为优异的遗传资源。

相关性分析研究表明,株高与主茎节数相关性最大,达到了极显著水平,其他性状之间虽然达到了显著水平,但是相关系数较小。因此在选择育种目标时要注意对各个性状的具体选择,进而获得性状更为稳定的优良品种。

经研究获得抗倒伏资源 125 份,大粒型资源 17 份,特异粒色资源 145 份,代表性高秆材料 2 份。

### 参考文献:

- [1] 王 涛,陈国栋,冯佰利,等. 糜子种质资源在榆林地区的适应性评价及相关农艺性状分析[J]. 种子,2021,40(11):61-67.
- [2] 张立媛,琦明玉,曲颖超,等. 糜子种质资源表型比较分析[J]. 安徽农学通报,2024,30(3):1-7.
- [3] 张 磊,董孔军,何继红,等. 基于种质资源表型性状的糜子

- 骨干种质构建[J]. 植物遗传资源学报,2025,26(5):930-941.
- [4] 曹晓宁,王君杰,王海岗,等. 糜子栽培研究进展[J]. 安徽农业科学,2015,43(31):79-81,84.
- [5] 闫 锋,李清泉,董 扬,等. 黑龙江糜子种质资源农艺性状遗传多样性[J]. 干旱地区农业研究,2021,39(4):239-244.
- [6] 要燕杰,高 翔,吴 丹,等. 小麦农艺性状与品质特性的多元分析与评价[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(1):38-47.
- [7] 李荫藩,郑敏娜,梁秀芝,等. 苦荞种质资源生物学性状的多元统计分析与综合评价[J]. 中国农学通报,2016,32(6):40-48.
- [8] 王俊铎,龚照龙,梁亚军,等. 200 份陆地棉种质资源农艺性状遗传多样性分析[J]. 新疆农业科学,2020,57(9):1623-1629.
- [9] 李 萌,秦慧彬,王宇楠,等. 山西省新征高粱种质资源的遗传多样性分析[J]. 种子,2020,39(10):58-62.
- [10] 王 纶,王星玉,王海岗,等. 山西省黍稷高抗倒种质资源的丰产性和适应性鉴定[J]. 山西农业科学,2020,48(9):1498-1502.
- [11] 张晓娟,程炳文,王 勇,等. 旱地糜子种质资源多样性评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(11):133-136.
- [12] 李鑫磊. 谷子种质资源农艺性状综合鉴定与评价[D]. 太谷:山西农业大学,2018:10-29.

# Agronomic Trait Identification and Utilization of *Panicum miliaceum* Germplasm Resources in Shaanxi Province

WANG Meng, LI Zhenjiao  
(Yulin Academy of Agricultural Sciences, Yulin 719000, China)

**Abstract:** In this study, the systematic identification and evaluation were conducted on 9 major agronomic traits (including plant height, panicle length, number of main stem nodes, 1 000-grain weight and growth period) of 885 local japonica proso millet germplasm resources in Shaanxi Province. By analyzing the variation characteristics and intrinsic correlations of each trait, a total of 125 lodging-resistant resources, 17 large-grain resources, 145 resources with specific grain colors, and 2 representative tall-stem materials were screened out. The above results provide an important resource basis and theoretical support for the breeding of elite broomcorn millet varieties and germplasm innovation.

**Key Words:** *Panicum miliaceum*; Germplasm resources; Identification; Evaluation

冯伟森,张学品,杨 莉,等. 黄淮冬麦区不同生态型旱地小麦育种遗传改良分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):26–35(2025–10–09).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.004.

## 黄淮冬麦区不同生态型旱地小麦育种遗传改良分析

冯伟森,张学品,杨 莉,丁志强,赵 严,高海涛,吴少辉\*

(洛阳市农林科学院,河南 洛阳 471022)

**摘要:**我国小麦生产和育种正面临着气候变化带来的巨大影响,为了研究我国黄淮冬麦区旱地小麦品种农艺性状适应气候变化的调控机理,以黄淮冬麦区 1950—2009 年旱地推广面积较大的 40 个小麦品种为试验材料,在黄淮冬麦区河南省洛阳市种植,收获后调查平均产量、单株成穗数、可育小穗数、不育小穗数、穗粒数、有效穗数、穗长、穗质量、穗产量、单株生物产量、千粒质量、株高和抗旱指数等农艺性状,对产量性状的变化规律、产量和农艺性状的相关性及农艺性状对产量的贡献率进行分析。结果表明:随着年代际的变化,黄淮冬麦区旱地小麦品种的抗旱性先下降后回升,而株高则明显下降;各年代间产量潜力不断上升,就不同年代而言,与 1950 年代相比,2000—2009 年的品种产量增幅最大的为 70.75%;其中 1960 年代较 1950 年代产量变化幅度相对较小(提高 3.94%),1990 年代较 1980 年代产量提高幅度较大(提高 27.99%);千粒质量、穗粒数和有效穗数随年代增加均呈增加趋势,增加幅度为千粒质量 > 有效穗数 > 穗粒数。相关分析表明,产量与千粒质量(0.707<sup>\*\*</sup>)、穗粒数(0.461<sup>\*\*</sup>)、有效穗数(0.237<sup>\*\*</sup>)、可育小穗数(0.488<sup>\*\*</sup>)、穗长(0.395<sup>\*\*</sup>)、穗质量(0.633<sup>\*\*</sup>)、穗产量(0.770<sup>\*\*</sup>)、抗旱指数(0.298<sup>\*\*</sup>)呈极显著正相关。千粒质量、穗粒数和有效穗数的产量贡献值均较大且为正效应,株高表现为负效应。黄淮冬麦区旱地小麦农艺性状因气候变化而产生较强的影响,选育株高适中、抗旱抗倒性强、有效穗数适中、穗粒数较多、千粒质量较大的抗旱品种是黄淮冬麦区旱作小麦面对未来气候变化而开展育种的关键改良方向。

**关键词:**黄淮冬麦区;不同生态型;旱地小麦品种;育种性状;遗传改良

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20250075

作为我国第三大粮食作物,小麦种植面积占据了至少 22% 的粮食种植总面积<sup>[1-2]</sup>。黄淮麦区是我国冬小麦主产区,其小麦总产量占全国小麦的 61.6%<sup>[3]</sup>。黄淮旱作麦区,常年降水量 500 ~ 700 mm,灌溉设施匮乏,整个小麦生长期内自然降水量几乎不能满足小麦生长发育的需要,严重制约着产量的提升。1981—2020 年使黄淮海主要种植区冬小麦受灾最为严重的影响因素是重度干旱,其次为中度干旱,最后为轻度干旱。冬小麦冬前生长期发生重旱的区域在明显减少,而发生中旱的区域在明显增加;对于越冬期,黄淮海主要种植区冬小麦受灾最为严重的影响因素是特旱,其次为重度干旱,最后为中度

干旱<sup>[4]</sup>。近年来,南涝北旱,降水分布极不平衡,作物育种必须重新定向<sup>[5]</sup>。随着全球气候日益变暖,不同生态麦区的小麦农艺性状和生态适应性及育种和栽培体系技术均发生了一定的变化<sup>[6-7]</sup>。在未来水资源缺乏、降水量分布严重不均、气候变暖、病虫害频发等因素的影响下,旱地小麦新品种选育显得尤为重要,未来小麦品种的改良必须适应气候变化,才能保持可持续生产的不断强化<sup>[8-11]</sup>。山仑院士指出,20 世纪全球小麦品种改良平均年增产 30 ~ 38 kg/hm<sup>2</sup>,而半干旱区仅增产 6 kg/hm<sup>2</sup>,培育抗旱品种进程缓慢<sup>[12]</sup>。随着日益严峻的气候变化,黄淮冬麦区大面积应用推广的品种必定是适应气候变化的广适性品种<sup>[13-14]</sup>。因此,研究黄淮冬麦区旱作麦区小麦适应气候变化的育种规律,对保障黄淮冬麦区和我国粮食安全具有重大意义。为此,本研究选取代表性旱作品种,以抗旱性和产量性状为研究对象,研究黄淮麦区产量结构与产量性状的演变规律,以期黄淮冬麦区旱地小麦生产和小麦育种应对未来耕作栽培和气候变化适应性研究提供理论依据和技术支撑。

收稿日期:2025-06-30;修回日期:2025-09-27。

基金项目:国家小麦产业技术体系(CARS-03-76);河南省农业(小麦)良种联合攻关项目(2022010101);洛阳市核心技术攻关公益类专项(2302034A)。

作者简介:冯伟森(1980—),男,硕士,副研究员,主要从事旱地小麦新品种选育研究。Email: lynkyfws@126.com。

\* 通信作者:吴少辉(1972—),女,研究员,主要从事旱地小麦新品种选育研究。Email: lywushaohui@126.com。

## 1 材料与方法

试验于2021—2023年在洛阳市农林科学院旱地试验田(112°28'E, 34°38'N, 海拔119 m)进行,该地多年来作为我国黄淮冬麦区的一个典型生态试验站。针对黄淮冬麦区气候干旱特征,我们选取近60年来不同生态区域的代表性品种40个,参照GB/T 21127—2007《小麦抗旱性鉴定评价技术规范》,进行了抗旱性鉴定,并计算了其抗旱指数,作为评价小麦品种对干旱敏感程度的指标<sup>[15]</sup>。

### 1.1 试验材料

试验材料为黄淮冬麦区(河南、河北、山东、陕西、山西)1950—2009年旱地大面积推广的主推品种和推广前景较好的品种40份,其中1950年代选取平原50、出山豹、蚂蚱麦、碧蚂1号和石家庄407;1960年代选取内乡5号、阿夫、西农6028、北京8号、石家庄54和济南2号;1970年代选取郑州3号、泰山1号、丰产3号、冀麦1号、徐州14和早选10号;1980年代选取豫麦2号、豫麦8号、昌乐5号、秦麦3号、冀麦6号、晋麦33和冀麦23;1990年代选取豫麦48、郑早1号、晋麦47、冀麦36、冀麦31、长武131、长武134和烟D27;2000—2009年代选取洛早2号、洛早6号、洛早7号、石家庄8号、烟农21、长武58、邯4589和河东TX-006。以上小麦种子均由中国农业科学院国家农作物种质资源中心提供。

### 1.2 试验设计

以随机区组试验设计为主体,设置棚内干旱胁迫和田间灌溉2个处理,3次重复,4行区种植,行长3 m,行距23 cm,小区面积2.76 m<sup>2</sup>,每个处理各120个小区,共设240个小区。人工楼播,基本苗数180万~210万株/hm<sup>2</sup>。

### 1.3 农艺性状测量

试验按旱地冬小麦常规生产管理进行。在小麦全生育期详细观察、记载其生物学性状,在收获期按照品种和重复随机取样10株在室内考种,收获后调查单株成穗数(X1)、可育小穗数(X2)、不育小穗数(X3)、穗粒数(X4)、有效穗数(X5)、穗长(X6)、穗质量(X7)、穗产量(X8)、单株生物产量(X9)、千粒质量(X10)、株高(X11)、抗旱指数(X12)、平均产量(Y)(考种总粒质量记入小区产量)等性状。抗旱性鉴定程序按照国标法进行,抗旱指数参照GB/T 21127—2007《小麦抗旱性鉴定评价技术规范》计算。为进一步探讨各年代间各个性状的变化规律,我

们以该年代代表性品种的性状平均值进行阐述。

### 1.4 数据分析

采用Excel 2010和DPS 9.5数据分析系统处理和分析农艺性状相关数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 60年小麦抗旱性的变化趋势分析

黄淮冬麦区(河南、山东、安徽北部、江苏北部等)是旱灾高发区。据报道,1950—2009年,平均每3~5年发生一次区域性干旱,春旱概率70%("十年九春旱"),2010年10月冬麦区旱情发展迅猛,黄淮、江淮冬麦区作物受旱面积达386.6万hm<sup>2</sup>(其中重旱41.8万hm<sup>2</sup>,干枯2万hm<sup>2</sup>)<sup>[16-17]</sup>。1959—1961年,连续3年特大旱灾(全国性,黄淮为重灾区),1959年全国受灾4463万hm<sup>2</sup>,1960年达6546万hm<sup>2</sup>(黄淮占30%以上),1961年受灾6175万hm<sup>2</sup>。1965年春、夏、秋3季连旱,包括华北、黄淮全域,以山东、河南为中心,降水量偏少60%以上,山东部分地区4—8月降水量不足100 mm;冬小麦受旱面积达800万hm<sup>2</sup>,绝收约120万hm<sup>2</sup>,河南豫西地区减产40%。1978年江淮流域大旱波及黄淮,春旱接伏旱,持续高温(气温偏高2~4℃);1986—1987年,黄淮春旱,河南、山东土壤墒情降至40%以下,影响小麦拔节。1988—1989年冬春连旱,冬小麦受旱693.33万hm<sup>2</sup>(占在田作物1/3),重旱161.87万hm<sup>2</sup>,黄苗死苗面积15.33万hm<sup>2</sup><sup>[18-20]</sup>。黄淮冬麦区旱情呈频率增加、强度升级趋势,其驱动因素包括全球变暖背景下的环流异常与区域水循环失衡,而灌溉设施与品种适应力的不足凸显了农业的脆弱性<sup>[21-22]</sup>。未来需融合气象预测、抗旱育种和智慧灌溉技术,构建韧性农业生产体系<sup>[23]</sup>。

由图1、图2所示,随着年代的发展,上述40份黄淮冬麦区旱地小麦品种的抗旱指数表现出先降低后缓慢回升的趋势。1950年代抗旱指数为1.033,1960年代和1970年代品种抗旱性有所下降,抗旱指数均处于0.899以下,抗旱性达4级,抗旱性较弱;1980年代以后,抗旱性逐步回升,抗旱指数均处于0.900之上,抗旱级别达3级,黄淮冬麦区旱地小麦品种抗旱性和对照品种晋麦47基本相当。1980年代之前,旱地小麦品种多以农家种为主,表现为抗旱有余而丰产不足;之后适应气候变化、干旱频发,小麦育种呈多元化发展,旱地小麦育种涌现了一批批优良品种,从而出现抗旱高产相协调

的推广品种,特别是1990年代,抗旱性品种表现较为突出,产量出现质的飞跃。

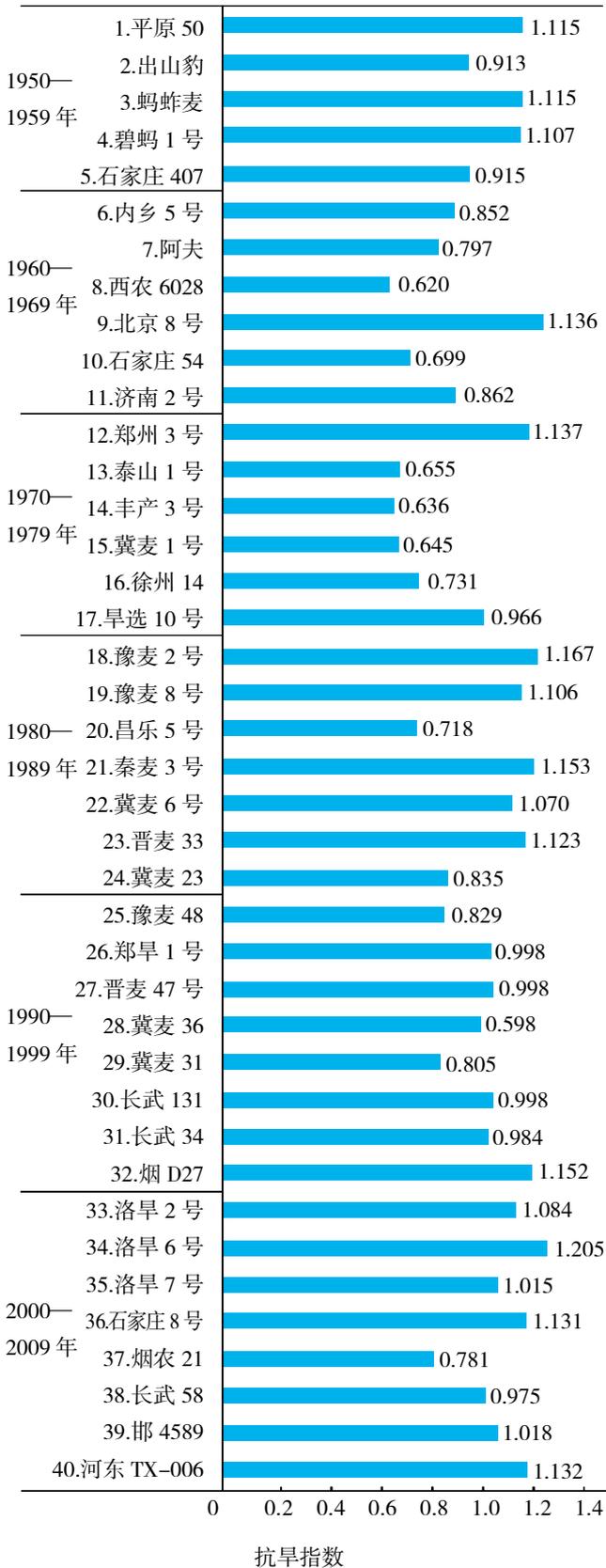


图 1 不同年代间各小麦品种抗旱指数鉴定结果

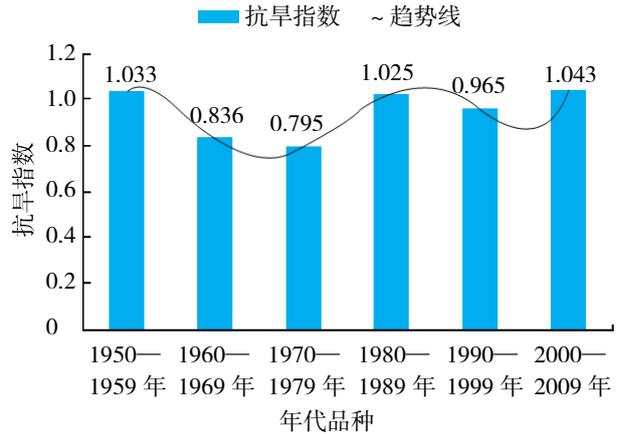


图 2 抗旱指数变化趋势

### 2.2 60年产量性状及构成因素的变异

图 3 和图 4 表明,黄淮冬麦区旱地小麦品种随着年代际的更替,产量水平不断提高,与 1950 年代品种相比,小麦产量呈随着年代增加而增加的趋势,增幅分别为 3.94%(1960 年代)、12.31%(1970 年代)、26.08%(1980 年代)、61.36%(1990 年代)和 70.75%(2000—2009 年),其中:1990 年代较 1980 年代品种产量增幅最大(27.99%),1960 年代较 1950 年代品种产量增幅最小(3.94%),1970 年代和 2000—2009 年较上年代增幅分别为 8.05%和 12.26%。就不同年代段而言,1950—1960 年代产量变化幅度不大且相对平稳,1980 年代之后变化幅度较大,产量显著性增加。

从图 5 至图 7 可以看出,千粒质量的变化总体趋势表现为稳步增长,1980 年代品种千粒质量出现小幅度波动,较 1970 年代增长不明显,增长了 0.17 g;1990 年代较 1980 年代品种千粒质量增加幅度最大(增加 17.66%)。千粒质量由 1950 年代的 28.28 g 增加到 2000—2009 年的 40.21 g,增加 42.2%。穗粒数随着年代推移明显增加,1950 年代到 1980 年代基本保持在 33 粒/穗;1990 年代后明显增加,为 37~39 粒/穗,比 1950 年代、1960 年代增加了 4~6 粒/穗;1980 年代到 1990 年代增幅最大(15.63%)。有效穗数整体变化不大,1950、1960 年代稳定在 450 万穗/hm<sup>2</sup>左右;1970 年代有下降趋势,下降至 433.04 万穗/hm<sup>2</sup>;1980 年代波动明显增加,达 488.20 万穗/hm<sup>2</sup>;1990 年代至 21 世纪初(2000—2009 年)趋于平稳,有效穗数基本维持在 450 万穗/hm<sup>2</sup>左右,这与当时年代育种实际相符合,1950 年代、1960 年代主要是农家种,1970 年代水浇地品种涌现替代了旱地品种,1980 年代抗旱小麦品种优势在丰产年份不突出,水地品种在生产上占据主导地位,有效穗数增加是符合年代际发展趋势的。

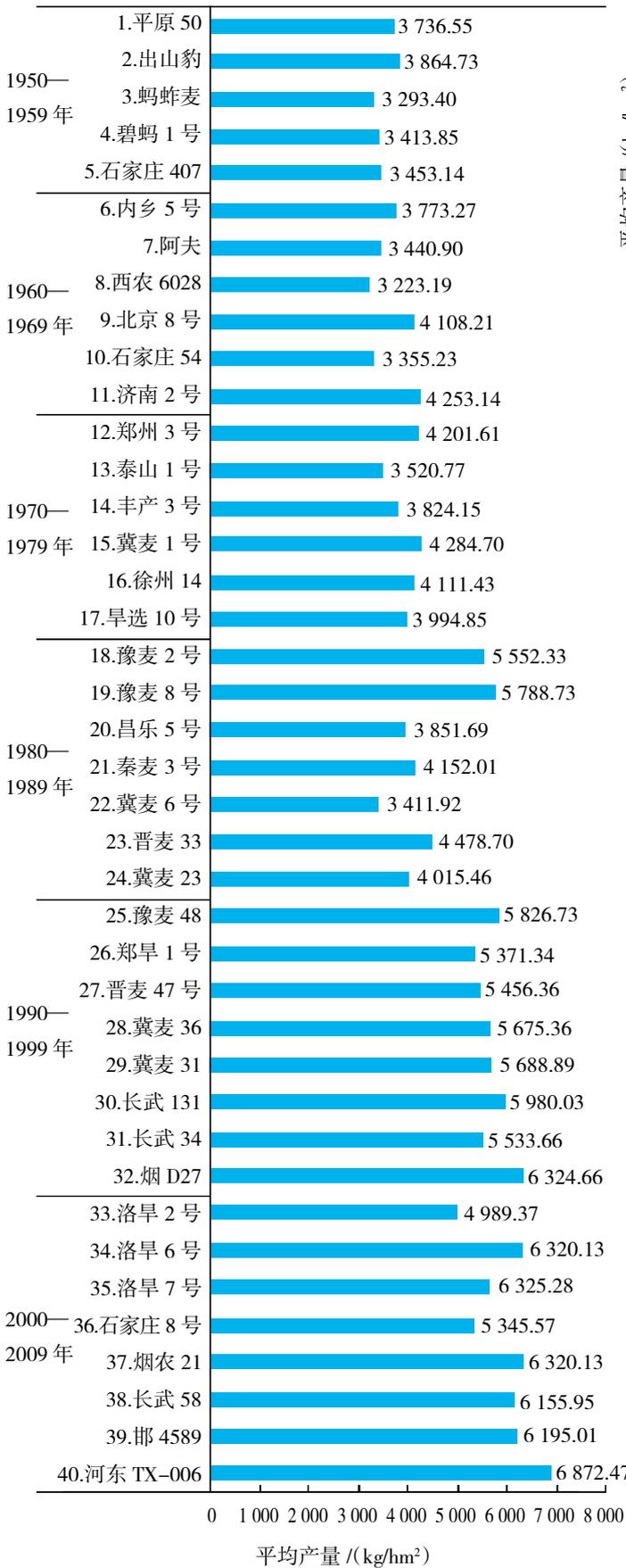


图3 不同年代间各小麦品种平均产量

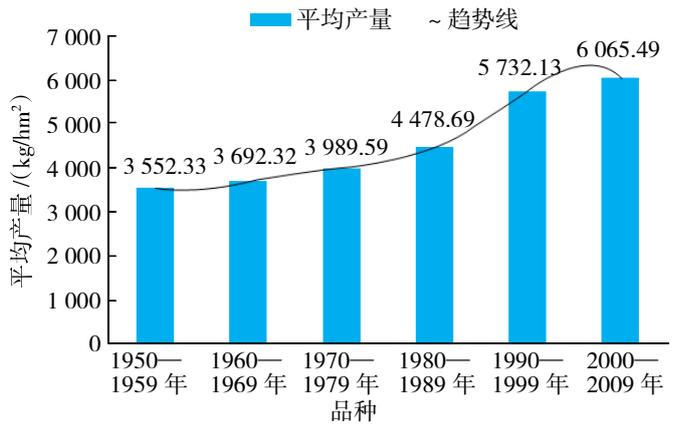


图4 平均产量变化趋势

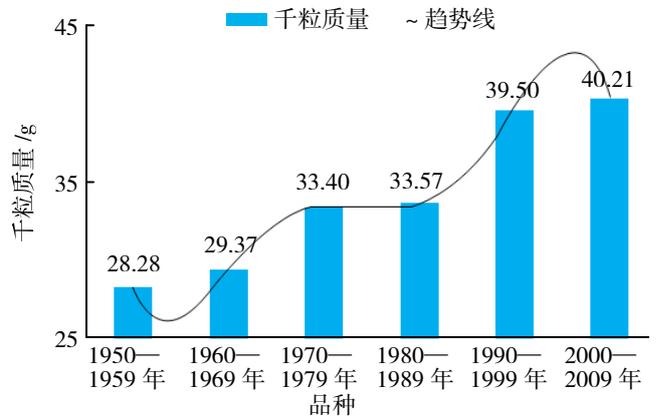


图5 千粒质量变化趋势



图6 穗粒数变化趋势

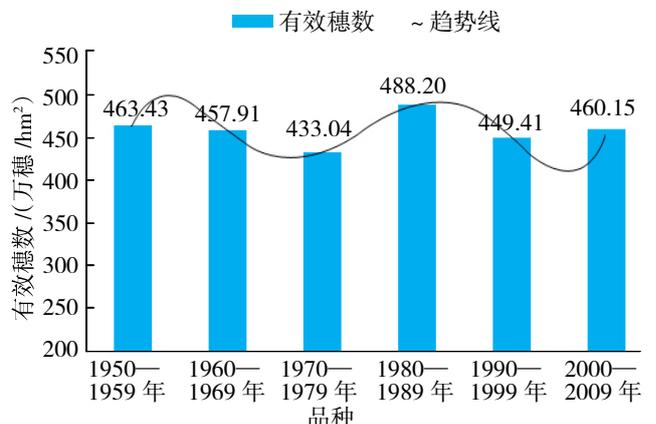


图7 有效穗数变化趋势

### 2.3 60年其他性状的差异分析

株高的变化则呈阶梯式降低趋势,到1990年代后降低趋势趋于平稳。由1950年代的108.09 cm逐渐降低到21世纪初(2000—2009年)的78.11 cm,

下降近30 cm,降低27.74%(图8)。株高显著降低,在于株高构成上基部节间明显缩短,使得品种的抗倒性显著增强,这与产量水平的提高和不断满足机械化收割的需求一致。

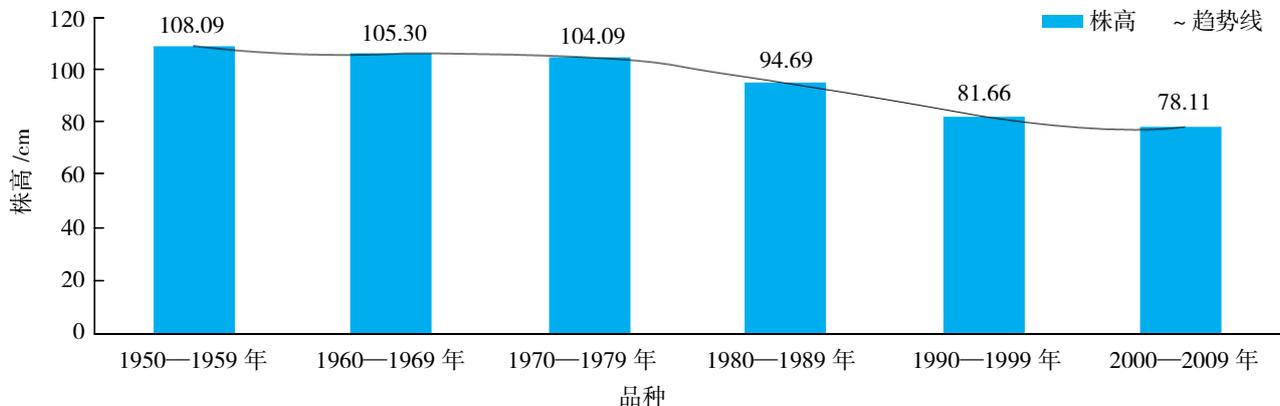


图8 株高变化趋势

穗长的变化整体呈上升的趋势,在1980年代出现小幅度的波动,可能与选择的品种有关,穗长由1950年代的7.26 cm增加到21世纪初(2000—2009年)的8.56 cm,增加了1.30 cm(图9)。不育小穗数稳定在3.0个/穗左右,年代间相对比较平稳,差异不大(图10)。可育小穗数在1950—1980年代稳定在16.3个/穗左右,1980年代后不断增加至

21世纪初(2000—2009年)的17.95个/穗,增加了近2个/穗(图11)。单株生物产量呈逐年上升的趋势,1980年代以前小幅度增加,1980年代以后上升幅度明显。单株生物产量由1950年代的15.02 g上升到21世纪初(2000—2009年)的19.43 g,增加29.36%(图12),单株生物产量的增加,为抗旱高产奠定了基础。

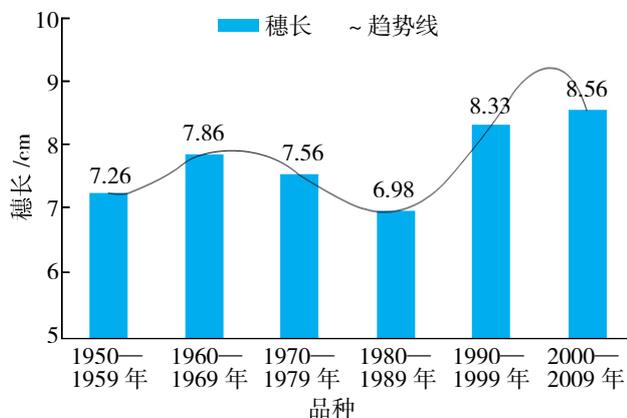


图9 穗长变化趋势

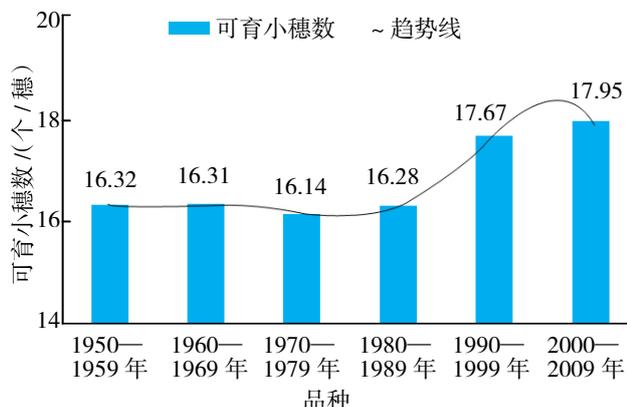
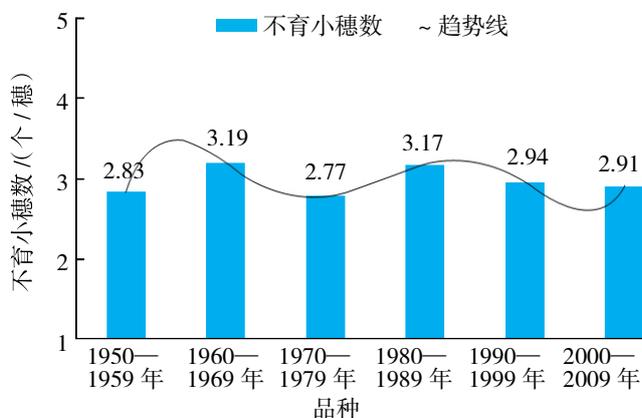


图11 可育小穗数变化趋势

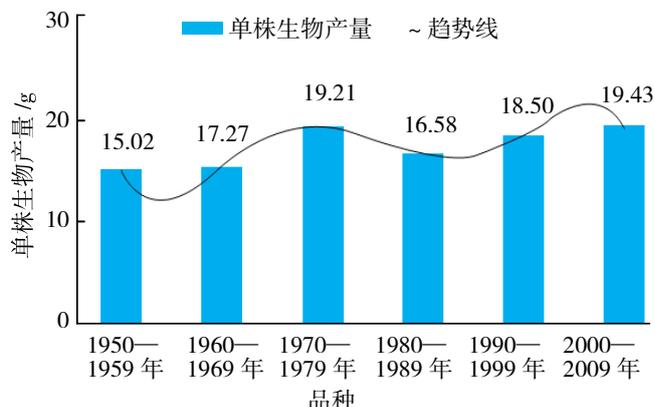


图12 单株生物产量变化趋势

2.4 各性状遗传变异系数分析

由表2所示,试验各性状的遗传变异系数揭示了最近60年来黄淮冬麦区旱地小麦品种产量结构与产量性状变异状况,产量结构与产量性状变异情况为穗产量>穗质量>平均产量>不育小穗数>单株生物产量>单株成穗数>千粒质量>穗粒数>株高>穗长>可育小穗数。说明这60年随着气候变化和农业生产栽培方式的变化,导致产量结构和产量性状发生了不同程度的变化;穗产量、穗质量、平均产量、不育小穗数、单株生物产量、有效穗数和千粒质量变异系数较大,而穗长、可育小穗数变异系数相对较小。

表2 小麦各性状的遗传变异系数

调查性状	变异系数/%		
	2021—2022年	2022—2023年	平均值
X1	22.56	15.42	18.99
X2	11.23	9.81	10.52
X3	23.17	23.52	23.34
X4	19.98	14.10	17.04
X5	25.98	23.96	24.97
X6	11.46	12.41	11.94
X7	25.67	31.81	28.74
X8	28.79	29.01	28.90
X9	22.03	22.44	22.24
X10	16.73	18.15	17.44
X11	18.31	15.70	17.01
X12	25.99	31.43	28.71
Y	17.97	36.70	27.34

2.5 农艺性状相关性分析

为了客观评价不同年代品种育种改良过程中主要性状对产量的重要性,对株高、千粒质量、穗粒数、成穗数等性状与产量的相互作用进行相关分析,结果(表3)表明,在旱地小麦品种的更新进化过程中,穗粒数(0.461<sup>\*\*</sup>)、千粒质量(0.707<sup>\*\*</sup>)、有效穗数(0.237<sup>\*\*</sup>)、可育小穗数(0.488<sup>\*\*</sup>)、穗长(0.395<sup>\*\*</sup>)、穗质量(0.633<sup>\*\*</sup>)、穗产量(0.770<sup>\*\*</sup>)、抗旱指数(0.298<sup>\*\*</sup>)与品种产量呈极显著正相关。单株生物产量(0.192<sup>\*\*</sup>)与产量呈显著正相关。株高(-0.724<sup>\*\*</sup>)、单株成穗数(-0.266<sup>\*\*</sup>)与产量呈极显著负相关。单株穗数与千粒质量(-0.245<sup>\*\*</sup>)呈极显著负相关,穗粒数也与单株穗数(-0.376<sup>\*\*</sup>)呈极显著负相关,但有效穗数与单株穗数(0.205<sup>\*</sup>)呈显著正相关,说明小麦产量三因素需要协调才能高产。可育小穗数(0.252<sup>\*\*</sup>)和穗产量(0.237<sup>\*\*</sup>)与抗旱指数呈极显著正相关,穗粒数(0.186<sup>\*</sup>)和千粒质量(0.196<sup>\*</sup>)与抗旱指数呈显著正相关。

综合以上小麦性状相关分析及农艺性状演化规律,在人工选育与气候变化自然选择的共同驱动下,小麦高产育种可采取“稳穗增粒提重”策略,即在保持较高有效穗数的前提下,协同提升穗粒数与千粒质量。同时,应着重筛选穗部结实性好、籽粒饱满度高且抗旱性优异的材料,以实现小麦品种产量的突破性增长。

表3 不同年代小麦品种农艺性状与产量的相关关系

性状	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	Y
X1	1												
X2	-0.362 <sup>**</sup>	1											
X3	0.055	-0.014	1										
X4	-0.376 <sup>**</sup>	0.868 <sup>**</sup>	-0.086	1									
X5	0.205 <sup>*</sup>	-0.271 <sup>**</sup>	0.273 <sup>**</sup>	-0.430 <sup>**</sup>	1								
X6	-0.265 <sup>**</sup>	0.480 <sup>**</sup>	-0.021	0.468 <sup>**</sup>	-0.406 <sup>**</sup>	1							
X7	-0.390 <sup>**</sup>	0.664 <sup>**</sup>	-0.085	0.680 <sup>**</sup>	-0.403 <sup>**</sup>	0.617 <sup>**</sup>	1						
X8	-0.385 <sup>**</sup>	0.702 <sup>**</sup>	-0.149	0.719 <sup>**</sup>	-0.319 <sup>**</sup>	0.601 <sup>**</sup>	0.872 <sup>**</sup>	1					
X9	0.084	0.155	-0.058	0.163	-0.129	0.118	0.217 <sup>**</sup>	0.256 <sup>**</sup>	1				
X10	-0.245 <sup>**</sup>	0.211 <sup>*</sup>	-0.142	0.239 <sup>**</sup>	-0.278 <sup>**</sup>	0.503 <sup>**</sup>	0.664 <sup>**</sup>	0.735 <sup>**</sup>	0.237 <sup>**</sup>	1			
X11	0.121	-0.363 <sup>**</sup>	-0.068	-0.366 <sup>**</sup>	-0.122	-0.235 <sup>*</sup>	-0.503 <sup>**</sup>	-0.601 <sup>**</sup>	-0.154	-0.501 <sup>**</sup>	1		
X12	-0.082	0.252 <sup>**</sup>	-0.067	0.186 <sup>*</sup>	0.118	0.023	0.128	0.237 <sup>**</sup>	0.008	0.196 <sup>*</sup>	-0.096	1	
Y	-0.266 <sup>**</sup>	0.488 <sup>**</sup>	0.022	0.461 <sup>**</sup>	0.237 <sup>**</sup>	0.395 <sup>**</sup>	0.633 <sup>**</sup>	0.770 <sup>**</sup>	0.192 <sup>*</sup>	0.707 <sup>**</sup>	-0.724 <sup>**</sup>	0.298 <sup>**</sup>	1

注:\*表示显著相关(P<0.05),\*\*表示极显著相关(P<0.01)。

2.6 农艺性状对产量的通径分析

尽管简单线性相关分析能反映各农艺性状与产量间的关联强度,却难以阐明其内在调控机制。因此,本研究采用通径分析(path analysis)结合多元逐步回归方法,量化各性状对产量的直接作用与间接贡献,以精准识别影响产量形成的关键调控性状。表4表明,在黄淮冬麦区旱作小麦育种选择中,农艺性状对产量性状直接贡献大小依次为千粒质量(0.585 1) > 有效穗数(0.573 3) > 穗粒数(0.334 3) > 穗产量(0.192 1) > 株高(1-0.118 0) > 穗长(0.058 5) > 穗质量(0.058 4) > 可育小穗数(0.055 8) > 抗旱指数(0.036 0) > 单株生物产量(1-0.004 9)。表明有效穗数、穗粒数、千粒质量和穗产量对产量直接贡献较大且为正效应关系,株高对产量直接贡献较大且为负效应关系;且穗粒数、千粒质量、有效穗数和穗产量对产量表现为极显著正相关关系,进而表明这5个性状的改良与提高决定了品种单位面积产量的增加。

可育小穗数、穗长和穗质量对产量的直接作用是正向效应,3个性状均与产量呈极显著正相关。抗

旱指数对产量的直接作用是正向效应,直接通径系数较小,但抗旱指数与产量呈极显著正相关,可能与试验期间小麦生育期降水量有直接的关系。2018—2020年洛阳小麦生育期适逢风调雨顺的年景,更有利于发挥品种本身的丰产潜力。株高和单株生物产量对产量的直接作用是负向效应,但单株生物产量与平均产量呈显著正相关,株高与平均产量呈极显著负相关。从选取的品种来看,主要是因为品种株高稍高,往往抗旱性较好,有益于获得较大的生物量,但抗倒性较差,如果在灌浆期发生倒伏,将会影响小麦灌浆,使品种的产量大幅度降低。

由此可见,在旱地小麦育种过程中,不仅要重视有效穗数、千粒质量和穗粒数,使产量构成因素结构趋于合理,而且要重视其他性状能适应未来气候变化。株高要控制在合理的范围内(80 cm左右),能够有效应对气候变化,以免极端天气例如洪涝、大风、暴雨等易引起倒伏从而导致大幅度减产。同时,要选择抗旱节水、结实性好、抗倒春寒、抗病性强、耐后期高温的品种,从而提高旱地小麦的产量。

表4 不同年代不同小麦品种农艺性状对平均产量的通径分析

作用因子	相关系数	直接通径系数	间接通径系数									
			X2	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
X2	0.488**	0.055 8		0.271 9	-0.138 8	0.023 5	0.034 8	0.118 4	-0.001 1	0.095 9	0.034 4	-0.007 8
X4	0.461**	0.334 3	0.041 2		-0.253 8	0.023 8	0.034 7	0.130 2	-0.000 7	0.148 4	0.034 9	-0.006 8
X5	0.237**	0.573 3	-0.012 3	-0.129 7		-0.024 5	-0.023 1	-0.056 5	0.000 6	-0.150 0	0.014 1	-0.004 5
X6	0.395**	0.058 5	0.020 4	0.133 5	-0.233 0		0.026 4	0.089 8	-0.000 2	0.203 3	0.014 8	-0.001 1
X7	0.633**	0.058 4	0.031 0	0.207 5	-0.228 6	0.027 6		0.155 7	-0.001 0	0.355 1	0.052 4	-0.004 3
X8	0.770**	0.192 1	0.034 9	0.226 5	-0.200 9	0.029 0	0.045 4		-0.001 4	0.435 7	0.061 6	-0.009 9
X9	0.192*	-0.004 9	0.012 2	0.046 4	-0.070 1	0.002 7	0.011 5	0.055 2		0.148 9	0.014 9	-0.000 9
X10	0.707**	0.585 1	0.009 2	0.084 8	-0.166 6	0.021 9	0.036 4	0.131 6	-0.001 3		0.051 2	-0.007 4
X11	-0.724**	-0.118 0	-0.017 0	-0.108 9	-0.075 1	-0.008 3	-0.024 0	-0.102 9	0.000 7	-0.277 0		0.002 9
X12	0.298**	0.036 0	0.011 3	0.062 3	0.074 3	0.001 8	0.007 3	0.046 3	-0.000 1	0.113 0	0.009 1	

注: X1 和 X3 在软件统计中因性状贡献率低被自动剔除。复相关系数  $R = 0.955\ 341$ ; 决定系数  $R^2 = 0.912\ 676$ ; 剩余通径系数 = 0.295 51。\*、\*\* 分别表示显著相关、极显著相关。

3 讨论

面对以气候变暖、干旱程度加剧、降水量分布不均、各种病害频发为主要特征的气候变化事实,抗旱小麦育种选择上需重新调整以满足和适应农业生产栽培和未来气候的变化<sup>[24]</sup>。提高品种应对气

候变化和环境变化的高抗逆性及生产适应性将是育种家们追求和选择的目标。通过研究黄淮麦区旱作小麦品种应对气候变化和生产栽培模式的演化规律,对于保证国家粮食安全和增加旱地农业可持续发展具有重要的现实意义。

本研究发现,随着气候变化,早期品种在适应

性上显著不足,株高、有效穗数、千粒质量等不能满足实际生产和气候变暖的要求。水地品种在旱作麦区适应性差且不具备旱作麦区生长要素,种植风险极大,加上丘陵旱地等旱作麦区生产实际需求大,旱地小麦育种的遗传更新显得尤为重要!必须有新的突破和创新,来满足和适应新气候、新形势的发展。为此黄淮冬麦区旱地小麦产量性状的演变规律能够反映旱地小麦育种方向的不断进化,为品种大面积示范和更新换代提供理论依据。同时结合旱作麦区生产实际,适时进行育种创新和品种更替,以此应对生产和气候条件变化带来的影响。对黄淮冬麦区1950年代以来近60年40个旱地推广面积较大的小麦品种的抗旱性研究表明,其抗旱指数表现出先降低后缓慢回升的趋势,1950年代抗旱指数为1.033,抗旱性相对较强,当时的品种大多株高偏高,茎秆较细,落黄好,籽粒饱满,但千粒质量偏低;1960、1970年代品种更替中小麦抗旱性有所下降,这与特定的时期有关,当时育种和生产条件落后,小麦产量水平低下,为解决温饱问题主攻产量,从而忽视了小麦抗旱性的选择;1980年代以后,随着气候变暖、干旱程度加剧,以往品种选择局限性加剧,育种与生产实际脱节严重,育种家对抗旱性的选择得到重视,小麦抗旱性开始逐步回升,抗旱性品种突显,在抗旱与高产上得以协调,旱作麦区产量明显提高。因此,加强小麦抗旱性研究,使抗旱性和丰产性协同改良是旱地小麦育种努力的方向。

本研究发现,60年来黄淮冬麦区旱地小麦的产量不断提高,21世纪初(2000—2009年)的小麦产量比1950年代的产量最高提高70.7%左右;株高随气候变暖逐渐降低,基部节间缩短,品种的抗倒性显著增强。前人研究表明,旱地小麦品种株高和产量的相关性较为密切,旱作麦区稳定的株高在一定范围内将有利于获得较高的生物产量,从而进一步提高籽粒产量<sup>[25]</sup>。在干旱胁迫环境下,株高降低幅度大小往往可以作为判别小麦抗旱性强弱的直观指标<sup>[26]</sup>。抗旱指数对产量的正向影响是真实且显著的,但是这种影响绝大部分是通过影响其他中间变量间接实现的。通径分析清晰地揭示了这种直接作用和间接作用的差异,强调了抗旱性主要通过改变其他性状来最终影响产量的路径。在气候变化的环境下,因干旱胁迫而能够保持较高的株高,将大大有利于增进小麦籽粒灌浆效果和有效增加粒质量,从而减少因气候变化造成小麦减产,保证粮食稳产<sup>[27]</sup>。结合生产需求、气候变化和肥力水平的提高,株高

高的品种容易倒伏而造成减产,从而形成了旱地小麦育种株高矮化的趋势。

小麦育种产量指标是育种家不断追求的主要遗传改良目标<sup>[28-29]</sup>。随着小麦品种的更新换代,品种性状的遗传改良不断发生改变,增产潜力不断提高<sup>[27,30-31]</sup>。应对气候变暖,在育种选择上降低株高、增加千粒质量、提高穗粒数,同时对抗性进行选择,可对黄淮冬麦区小麦生长发育和提高产量产生较大的影响。在育种选择中选育生育期较短但生殖生长阶段较长且千粒质量大的品种,是调控和应对未来气候变化的品种遗传改良方向<sup>[32]</sup>,这与本研究结果相同。周吉等认为有效穗数较多的抗旱节水品种,产量也较高<sup>[33]</sup>。吴秀亭等也研究认为在黄淮冬麦区旱作小麦千粒质量和穗粒数均有增加的选择趋势<sup>[30]</sup>。千粒质量、穗粒数和有效穗数作为产量构成三要素,三者之间如何协调发展是小麦能否获得高产的关键。应对气候变化,适应黄淮冬麦区旱作麦区,以有效穗数为基础,协调提高穗粒数和千粒质量,兼顾抗逆性选择,将是今后旱地小麦取得高产的重要途径。

性状遗传变异系数量化了这一性状在品种内的遗传改良潜力,通过将其与环境变异系数进行对比,可有效评估该性状选择的可靠性<sup>[34]</sup>。研究结果的差异与试验选择的地区和品种的不同有很大关系,本文利用黄淮冬麦区旱地小麦品种,以产量性状和遗传选择育种目标来分析旱作麦区冬小麦如何应对气候变化,研究结果可为旱地小麦育种应对气候变化提供参考价值。

#### 4 结论

自1950年代以来,黄淮冬麦区旱地小麦产量总体呈现逐渐增加的趋势,1990年代后达到较高水平;在农艺性状上,有效穗数、穗粒数和千粒质量大趋势均呈稳步增加,抗旱指数先下降后增加,株高呈不断降低趋势,矮秆抗倒性增强。在对产量贡献上,有效穗数和千粒质量起主要作用,其次是穗粒数和株高。由此可见,针对黄淮旱作麦区,在应对气候变化的背景下,如何适应干旱,加强御旱能力,提高水分利用效率,在有限的水资源环境下,选育抗旱、高产、节水性好,株高80 cm左右,抗寒性好,抗病,抗后期干热风能力强的品种,是今后旱作麦区品种改良的主要方向。抗逆性的选择是辅助性指标,产量的提高仍以产量三因素为主体,保证有效穗

数,协调提高小麦穗粒数和千粒质量,是小麦品种获得高产的通用密码。应对当前生产与气候变化,旱地小麦育种应以抗旱性为目标,以高产为方向,将抗旱性和丰产性协同提升是旱地小麦育种的关键。

#### 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):395-404.
- [2] ORTIZ R,SAYRE K D,GOVAERTS B,et al. Climate change:can wheat beat the heat[J]. *Agriculture,Ecosystems & Environment*,2008,126(1/2):46-58.
- [3] LIU Y,WANG E L,YANG X G,et al. Contributions of climatic and crop varietal changes to crop production in the North China Plain,since 1980s[J]. *Global Change Biology*,2010,16(8):2287-2299.
- [4] 卫云宗,刘新月,张久刚,等. 小麦生产的生态定位及发展策略[J]. 农业现代化研究,2003,24(5):392-395.
- [5] 赵俊芳,谢鸿飞,杨嘉琪,等. 1981—2020年黄淮海冬小麦干旱时空分异规律及演变趋势[J]. 生态学杂志,2024,43(10):3104-3112.
- [6] SUN Q H,MIAO C Y,HANEL M,et al. Global heat stress on health, wildfires,and agricultural crops under different levels of climate warming[J]. *Environment International*,2019,128:125-136.
- [7] COLLETTE L,HODGKIN T,KASSAM A H,et al. Save and grow:a policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production[R]. Rome:Food and Agriculture Organization of the United Nations,2011,112:95-101.
- [8] 赵海燕,张文千,邹旭恺,等. 气候变化背景下中国农业干旱时空变化特征分析[J]. 中国农业气象,2021,42(1):69-79.
- [9] 姚慧敏,张凤荣,鞠正山. 黄淮海平原区耕地变化对粮食生产能力的影晌[J]. 农村经济,2004(10):31-33.
- [10] 吴秀婷,张正斌,徐 萍,等. 黄淮小麦农艺性状演变趋势[J]. 中国农业科学,2013,46(18):3930-3938.
- [11] 宋璐杏,张闪闪,李 玟,等. 小麦高代系的抗旱性状筛选与抗旱性评价[J]. 干旱地区农业研究,2024,42(1):14-22.
- [12] 山 仑. 旱地农业发展中若干生物学问题的探讨[J]. 中国农业科技导报,2009,11(2):5-9.
- [13] TURNER N C. Further progress in crop water relation [J]. *Advances in Agronomy*,1996,58:293-338.
- [14] 金善宝. 中国小麦学[M]. 北京:中国农业出版社,1996:754-780.
- [15] 孟 雨,田文仲,温鹏飞,等. 基于不同发育阶段协同的小麦品种抗旱性综合评判[J]. 作物学报,2023,49(2):570-582.
- [16] 高 歌,李 莹,陈 涛,等. 2004—2019年中国干旱多承灾体灾损风险特征评估[J]. 气象,2023,49(5):611-623.
- [17] 王守荣,达庆利,黄凤喜. 中国农业受灾与成灾面积预测研究[J]. 气象学报,2003,61(1):106-115.
- [18] 杨艳颖,毛克彪,韩秀珍,等. 1949—2016年中国旱灾规律及其对粮食产量的影响[J]. 中国农业信息,2018,30(5):76-90.
- [19] 陈逸骁,岳思好,夏雯雯. 中国干旱灾害的时空变化及其与直接经济损失的关联性研究[J]. 干旱气象,2024,42(4):485-497.
- [20] 赵海燕,张文千,邹旭恺,等. 气候变化背景下中国农业干旱时空变化特征分析[J]. 中国农业气象,2021,42(1):69-79.
- [21] 闫金龙,张俊灵,张东旭,等. 旱作雨养条件下小麦农艺性状与产量及抗旱性的关系[J]. 山西农业科学,2019,47(10):1766-1769,1777.
- [22] 陈卫国,张 政,史雨刚,等. 211份小麦种质资源抗旱性的评价[J]. 作物杂志,2020(4):53-63.
- [23] 王优信,延 荣,蔺明月,等. 冀中北小麦品种抗旱性筛选研究[J]. 植物遗传资源学报,2021,22(1):74-82.
- [24] 刘新月,裴 磊,卫云宗,等. 1986—2014年临汾降水变化及对旱地小麦农艺性状的影响[J]. 麦类作物学报,2016,36(7):933-938.
- [25] 李朴芳,程正国,赵 鸿,等. 旱地小麦理想株型研究进展[J]. 生态学报,2011,31(9):2631-2640.
- [26] 高辉明,张正斌,徐 萍,等. 2001—2009年中国北部冬小麦生育期和产量变化[J]. 中国农业科学,2013,46(11):2201-2210.
- [27] 李亚亚. 旱地小麦个体性状与单株产量的相关分析[J]. 河南农业,2019(7):45-46.
- [28] 郭 瑞,李正玲,张 煜,等. 30a来河南省不同类型小麦品种产量和农艺性状演变规律[J]. 河南农业科学,2018,47(4):15-20.
- [29] 杨洪强,田文仲,吴少辉,等. 1982—2010年河南省旱地小麦品种主要农艺性状的遗传演变规律[J]. 河南农业科学,2014,43(5):38-41.
- [30] 郭凤芝,林 坤,葛振勇,等. 2001—2017年山东省审定小麦高产品种农艺、产量和品质性状演变分析[J]. 山东农业科学,2019,51(3):16-23.
- [31] 曹颖妮,余大杰,赵光华,等. 2006—2016年河南省小麦区域试验品种(系)的品质性状分析[J]. 麦类作物学报,2018,38(8):893-899.
- [32] 张丽英,张正斌,徐 萍,等. 黄淮小麦农艺性状进化及对产量性状调控机理的分析[J]. 中国农业科学 2014,47(5):1013-1028.
- [33] 周 吉,徐 萍,李国强,等. 不同水旱地小麦品种聚类分析及其利用模式研究[J]. 麦类作物学报,2009,29(5):809-813.
- [34] 伍维模,李世清. 小麦品种演变过程中性状遗传改良规律综述[J]. 塔里木大学学报,2006,18(1):43-47.

# Genetic Improvement Analysis of Different Ecotypes of Dryland Wheat Breeding in Huanghuai Winter Wheat Region

FENG Weisen, ZHANG Xuepin, YANG Li, DING Zhiqiang, ZHAO Yan, GAO Haitao, WU Shaohui  
(Luoyang Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Luoyang 471022, China)

**Abstract:** Wheat production and breeding in China are facing the huge impact of climate change. In order to study the regulation mechanism of the agronomic traits of dryland wheat varieties in the Huang Huai winter wheat region of China on adapting to climate change, 40 wheat varieties with a large area of dryland promotion in the Huanghuai Winter Wheat Region from 1950 to 2009 were used as experimental materials to plant in Huanghuai Winter Wheat Region of Luoyang, Henan Province. After harvest, the average yield, the number of ears per plant, the number of fertile spikelets, the number of sterile spikelets per ear, the number of grains per ear, the number of effective panicles, ear length, ear weight, ear yield, biological yield per plant, 1 000-grain weight, plant height, and drought resistance index were investigated. The variation patterns of yield traits, the correlation between yield and agronomic traits, and the contribution rate of agronomic traits to yield were analyzed. The results showed that with inter decadal changes, the drought resistance of dryland wheat varieties in Huanghuai Winter Wheat Region first decreased and then rebounded, while plant height significantly decreased. The production potential continues to rise, with the largest increase of 70.75% compared to the 1950s in the 2000s across different eras. There is also an increasing trend between different eras, with relatively stable changes in production in the 1950s and 1960s (an increase of 3.94%), the larger increase in production in the 1980s and 1990s (an increase of 27.99%). The thousand-grain weight, number of grains per spike, and number of effective spikes all showed an increasing trend, with the increase range being thousand grain weight > number of effective spikes > number of grains per spike. The yield is extremely significantly positively correlated with thousand-grain weight (0.707\*\*), grain number per spike (0.461\*\*), effective spike number (0.237\*\*), fertile spikelet number (0.488\*\*), spike length (0.395\*\*), spike weight (0.633\*\*), spike yield (0.770\*\*), and drought resistance index (0.298\*\*). The yield contribution values of thousand-grain weight, number of grains per ear, and effective number of ears are all significant and have a positive effect, while plant height shows a negative effect. The agronomic traits of dryland wheat in Huanghuai Winter Wheat Region are strongly influenced by climate change. Breeding drought resistant varieties with moderate plant height, strong drought and lodging resistance, moderate number of effective panicles, more grains per ear, and larger thousand-grain weight is a key improvement direction for dryland wheat breeding in Huanghuai Winter Wheat Region in response to future climate change.

**Key Words:** Huanghuai Winter Wheat Region; Different ecological types; Dryland wheat varieties; Breeding traits; Genetic improvement

## 本刊加入有关数据库的特别声明

为了适应我国期刊信息化建设的需要和扩大作者学术交流渠道,实现期刊编辑、出版工作的网络化与数字化,提高作者所发表论文的被引频次与影响力,本刊已加入《中国学术期刊(光盘)》、“中国期刊网”“万方数据—数字化期刊群”、重庆维普“中文期刊数据库”、超星期刊“域出版”平台和国家科技学术期刊开放平台等。作者无需另外支付网络编审费。作者著作权使用费与本刊稿酬由本刊编辑部一次性给付作者。如作者不同意编入上述数据库,请务必提供书面说明。所刊载文献被以各种形式转载时请注明来源于本刊。

《大麦与谷类科学》杂志编辑部

汪 强,姜 华,杨红燕,等. 盐碱地胁迫对江苏麦区小麦籽粒品质的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):36–41 (2025-09-29). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.005>.

## 盐碱地胁迫对江苏麦区小麦籽粒品质的影响

汪 强<sup>1</sup>,姜 华<sup>2</sup>,杨红燕<sup>1</sup>,沈会权<sup>1\*</sup>,徐 肖<sup>1</sup>,张英虎<sup>1</sup>,程怡璠<sup>1</sup>,梁志浩<sup>1</sup>,薛 松<sup>1</sup>,郭爱奎<sup>1</sup>,于文青<sup>1</sup>,李宇星<sup>1</sup>  
(1. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224000;2. 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)

**摘要:**为探究盐碱地胁迫对小麦籽粒品质的影响,以 104 份具有遗传多样性的小麦种质资源为试验材料,在江苏盐城南洋试验场(对照)和顺泰农场(盐碱地胁迫)开展比较试验,测定并分析小麦籽粒的粗蛋白质量分数等核心品质性状的变化。结果表明,顺泰农场盐碱地胁迫显著降低了籽粒粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数和沉降值,而淀粉质量分数受影响较小。沉降值表现出最高的遗传变异性(对照 CK:18.11%;处理 T:15.77%),淀粉质量分数变异系数最低(CK:1.32%;T:1.08%),表明其稳定性较强。相关性分析显示,粗蛋白质量分数与湿面筋质量分数在胁迫前后均呈极显著正相关( $r \geq 0.80$ ),而淀粉与蛋白质类性状的负相关在胁迫下减弱。不同品种对盐碱地响应差异明显,中国春多个品质指标均表现出高敏感性,扬 14-88 粗蛋白、湿面筋与淀粉的响应则存在特异性。研究筛选出宁麦资 15318、淮麦 28 等敏感品种,为耐盐碱优质小麦育种提供了种质基础。

**关键词:**小麦;盐碱胁迫;品质性状;遗传变异;相关性分析

**中图分类号:**S511

**文献标志码:**A

**文章编号:**1673-6486-20250081

小麦(*Triticum aestivum* L.)作为全球重要的粮食作物之一,其产量和品质直接关系到粮食安全与人类营养健康<sup>[1]</sup>。随着人口增长和膳食结构升级,对小麦籽粒品质(如蛋白质质量分数、面筋特性、淀粉质量分数等)的要求日益提高。然而,我国沿海地区广泛分布的盐碱地资源,因土壤盐分过高等原因,对小麦籽粒品质的形成过程构成制约,已成为影响小麦优质生产的限制因素<sup>[2]</sup>。据统计,我国沿海滩涂湿地总面积达 149.21 万  $\text{hm}^2$ ,主要分布在江苏等省份<sup>[3]</sup>。小麦耐盐能力有限,盐碱胁迫是其主要的非生物逆境之一,不仅影响小麦生长发育,更通过干扰籽粒中蛋白质、淀粉等关键物质的合成与积累,显著降低其加工和营养品质<sup>[4]</sup>。

针对小麦籽粒品质,诸多学者围绕不同环境因素及品种特性对品质性状的影响展开了深入探究<sup>[5-9]</sup>。在环境因素方面,前人研究表明,温度、光照、水分

等环境因子的波动均会对小麦品质产生显著作用<sup>[7-8]</sup>。特别是在盐碱胁迫下,植物离子平衡和代谢过程受到干扰,导致氮素吸收与蛋白质合成受阻<sup>[9]</sup>,同时碳水化合物代谢途径发生改变<sup>[10]</sup>。虽然已有研究揭示了不同小麦基因型在品质性状上的差异<sup>[11]</sup>及其遗传调控机制<sup>[12-13]</sup>,但针对盐碱胁迫下品质性状的协同变化规律及遗传响应特征仍缺乏系统研究。

本研究以 104 份小麦种质为材料,通过系统分析盐碱胁迫对籽粒品质的影响,明确盐碱胁迫下各品质性状的变化规律,解析不同性状的遗传变异特征,揭示性状间的相互关系及其胁迫响应机制,旨在为盐碱地小麦优质种质筛选和抗逆育种提供理论依据和实践指导。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

本研究采用的 104 份小麦种质资源(表 1)均由江苏沿海地区农业科学研究所收集并长期保存。

#### 1.2 试验方法

本研究于 2023—2024 年在江苏沿海地区农业科学研究所的南洋试验场(120.21°E、33.42°N)和顺泰农场(120.39°E、33.68°N)进行。试验点位于北亚热带与暖温带过渡的季风气候区,年平均气温

收稿日期:2025-08-12;修回日期:2025-09-24。

基金项目:农业农村部沿海盐碱地农业科学观测实验站开放课题(YHS202211)。

作者简介:汪 强(1995—),男,硕士,研究实习员,主要从事小麦遗传育种工作,Email:1347616421@qq.com;姜 华(1986—),男,博士,助理研究员,主要从事小麦种质创新工作,Email:jianghua\_5220@126.com。姜华为共同第一作者。

\* 通信作者:沈会权(1975—),男,硕士,研究员,主要从事大、小麦遗传育种工作。Email:jsycshq@163.com。

13.7 ~ 14.4 ℃, 年均日照时数 2 240 h, 年降水量约 1 060 mm。两个试验地土壤均为黏砂壤土, 地势平坦, 肥力均匀, 排灌条件良好。其中: 南洋试验场表层土壤(0 ~ 20 cm)总盐含量(质量分数, 下同)为 0.10% ~ 0.20%(作为非盐碱地, CK 组), 前茬作物为大豆; 顺泰农场表层土壤(0 ~ 20 cm)总盐含量为 0.30% ~ 0.40%(轻度盐碱地, T 组), 前茬作物为水稻。

试验采用单行种植模式, 每份材料播种 1 行, 人工条播, 行长 1.5 m, 行距 40 cm, 每行播种 40 粒种子。所有试验材料均设置 3 次生物学重复, 随机区组排列。田间管理(包括水肥调控、病虫害防治等)均参照当地常规大田栽培措施执行, 以确保试验条件的一致性。

表 1 供试小麦材料编号及名称

编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称	编号	名称
1	华麦 5 号	22	宁 13149	43	皖麦 55	64	扬 15-9	85	国红 9 号
2	淮麦 20	23	宁 13103	44	皖麦 608	65	华麦 1092	86	扬辐麦 4046
3	淮麦 24	24	宁 13001	45	皖麦 53	66	宁麦资 16500	87	苏麦 899
4	淮麦 25	25	华麦 1364	46	郑麦 136	67	扬辐麦 6015	88	东麦 G1302
5	淮麦 28	26	扬辐麦 5056	47	中麦 28	68	镇 15044	89	扬 12-145
6	淮麦 30	27	宁红 14103	48	山农 25	69	宁红 1119	90	金丰 15-6
7	扬麦 14 号	28	镇 13056	49	瑞华 14040	70	农麦 178	91	瑞华 513
8	扬麦 15 号	29	盐麦 07027	50	徐麦 27	71	瑞华 596	92	宁麦资 15318
9	扬麦 16 号	30	扬 13-134	51	徐麦 29	72	宁麦资 166	93	扬辐麦 5145
10	扬麦 21 号	31	扬 13-122	52	扬麦 25	73	宁麦 1511	94	扬 14-88
11	扬麦 22 号	32	资 14-W464	53	华麦 7 号	74	镇 14125	95	苏麦 628
12	扬辐麦 4 号	33	扬 14-197	54	华麦 6 号	75	扬 14-122	96	宁红 1479
13	镇麦 8 号	34	农麦 156	55	宁麦 22	76	润扬麦 40693	97	镇 14034
14	镇麦 9 号	35	宁 13199	56	郑 9023	77	盐麦 0730	98	盐麦 6032
15	郑麦 9 号	36	宁 14017	57	生选 6 号	78	宁 14058	99	扬麦 20
16	苏麦 8 号	37	南农 0686	58	扬辐麦 2049	79	宁紫麦	100	中国春
17	郑麦 10 号	38	扬麦 19	59	资 119	80	南农 15Y19	101	农麦 516
18	苏麦 3 号	39	宁麦 13 号	60	扬 12G16	81	苏麦 0558	102	扬江麦 580
19	宁 12188	40	宁麦 14 号	61	乐麦 1301	82	金丰 0515	103	宁麦 9 号
20	宁 12039	41	宁麦 18 号	62	镇 12096	83	宁 13134	104	小偃麦 12
21	宁 12136	42	苏麦 6 号	63	丰麦 216	84	扬 14-179		

### 1.3 性状测定方法

采用近红外光谱分析技术对小麦籽粒品质性状进行系统测定。在收获后约 60 d(生理后熟期完成后), 使用 Infratec TM 1241 型近红外谷粒分析仪对样品进行品质性状测定, 指标包括粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数、沉降值及淀粉质量分数等关键品质参数。为确保数据可靠性, 每个样品均设置 3 次技术重复。本试验设置 2 个处理组: CK 组(样品采自南洋试验场)和 T 组(样品采自顺泰农场), 通过对比分析 2 组样品的品质差异。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 2019 和 SPSS 22.0 软件对试验数据进

行处理、描述统计分析。计算品种特异性响应值, 绝对变化值  $\Delta Q = Q_T - Q_{CK}$ ; 相对变化率 =  $\Delta Q / Q_{CK} \times 100\%$ , 式中:  $Q$  表示品质指标, 包括粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数、沉降值及淀粉质量分数。

## 2 结果与分析

### 2.1 小麦籽粒品质性状表型分析

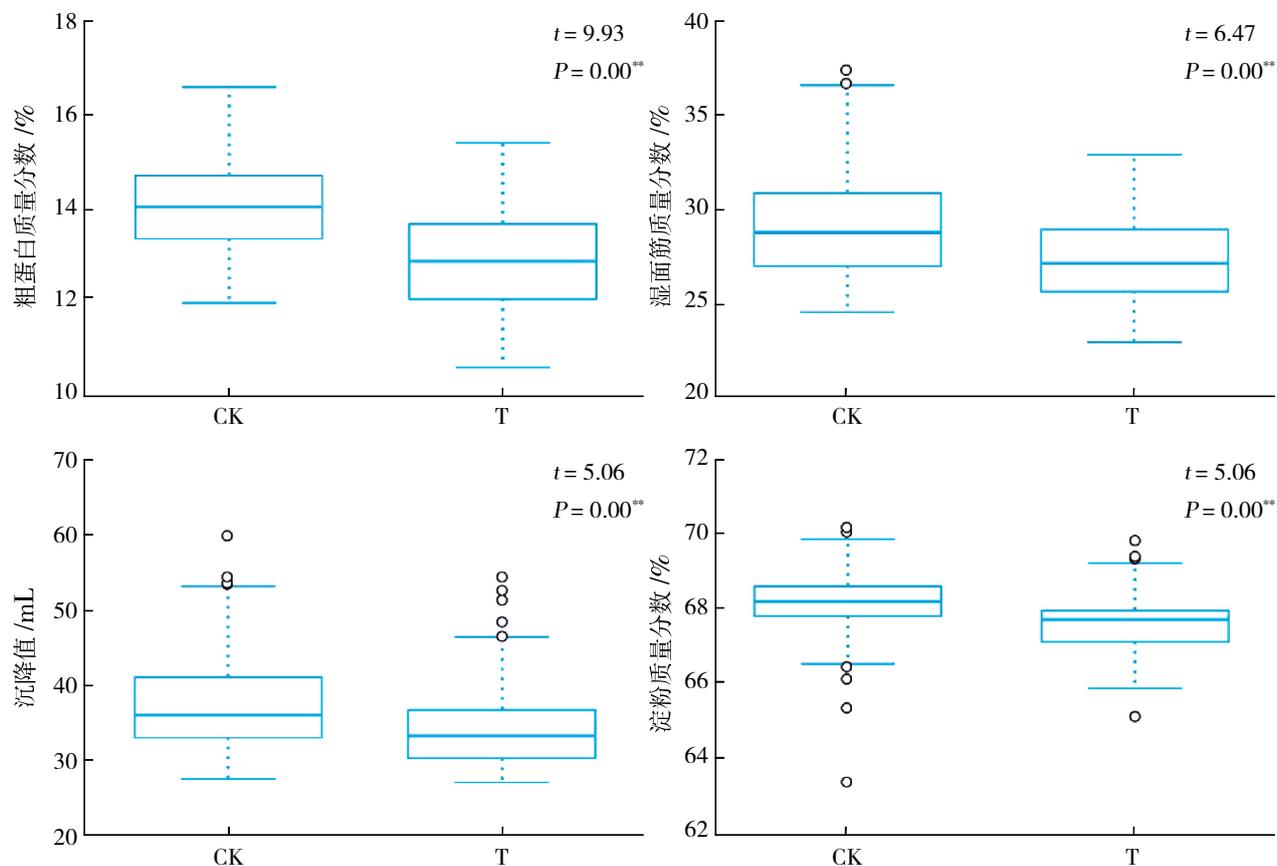
对 104 份小麦种质资源的 4 个关键籽粒品质性状进行系统的统计分析, 结果表明, 不同种植环境下的小麦品质性状存在统计学意义。由表 2 可知, CK 组粗蛋白质量分数变化范围为 11.97% ~

16.60%，均值为 14.07%；T 组粗蛋白质量分数变化范围为 10.60% ~ 15.40%，均值为 12.94%。CK 组湿面筋质量分数变化范围为 24.47% ~ 37.43%，均值为 29.03%；T 组湿面筋质量分数变化范围为 22.90% ~ 32.90%，均值为 27.30%。CK 组沉降值变化范围为 27.30 ~ 59.73 mL，均值为 37.54 mL；T 组沉降值变化范围为 26.83 ~ 54.30 mL，均值为 34.25 mL。CK 组淀粉质量分数变化范围为 63.37% ~ 70.17%，均值为 68.11%；T 组淀粉质量分数变化范围为 65.10% ~

69.80%，均值为 67.61%。从均值来看，粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数和沉降值在对照(CK)和处理(T)条件下均呈现下降趋势，其中粗蛋白质量分数从 14.07%降至 12.94%，湿面筋质量分数从 29.03%降至 27.30%，沉降值从 37.54 mL 降至 34.25 mL，淀粉质量分数变化较小，从 68.11%略微降低至 67.61% (表 2, 图 1)，表明 T 组处理可能对这些品质性状产生了抑制作用。

表 2 供试小麦籽粒品质性状遗传变异描述性统计

性状		最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数 /%
粗蛋白质量分数 /%	CK	11.97	16.60	14.07	0.91	6.47
	T	10.60	15.40	12.94	1.09	8.42
湿面筋质量分数 /%	CK	24.47	37.43	29.03	2.47	8.51
	T	22.90	32.90	27.30	2.15	7.88
沉降值 /mL	CK	27.30	59.73	37.54	6.80	18.11
	T	26.83	54.30	34.25	5.40	15.77
淀粉质量分数 /%	CK	63.37	70.17	68.11	0.90	1.32
	T	65.10	69.80	67.61	0.73	1.08



\* 表示差异具统计学意义( $P < 0.05$ ), \*\* 表示差异具高度统计学意义( $P < 0.01$ );  $n = 104$

图 1 CK 组与 T 组小麦籽粒品质性状比较

从变异程度来看,沉降值的变异系数最高(CK: 18.11%;T:15.77%),表明该性状在供试小麦群体中具有较大的遗传变异性,适合进一步筛选优良基因型。湿面筋质量分数和粗蛋白质量分数的变异系数次之(湿面筋质量分数 CK:8.51%;T:7.88%;粗蛋白质量分数 CK:6.47%;T:8.42%),说明这些性状也存在一定的选择潜力。相比之下,淀粉质量分数的变异系数最低(CK:1.32%;T:1.08%),表明其遗传稳定性较高,受环境影响较小。配对 *t* 检验分析结果显示,各处理组(T)与对照组(CK)在小麦品质指标上差异均具高度统计学意义( $P < 0.01$ ,图 1)。

**2.2 小麦籽粒品质性状间的相关分析**

由表 3 可知,对照组(CK)和处理组(T)均表现出粗蛋白质量分数与湿面筋质量分数呈极显著正相关(CK: $r = 0.80$ ;T: $r = 0.82$ )。沉降值与粗蛋白质量分数和湿面筋质量分数也呈极显著正相关。CK 组淀粉质量分数与粗蛋白、湿面筋质量分数及沉降值均呈极显著负相关,而 T 组中这种负相关性显著减弱甚至消失。

**2.3 盐碱地胁迫下不同类型小麦籽粒品质的差异**

通过对 104 份小麦种质资源在盐碱胁迫下的品质性状分析,发现不同品种对胁迫的响应存在统计学意义(表 4, 仅列出降幅前 5 位的小麦资源名称)。在粗蛋白质量分数方面,宁麦资 15318、中国春、扬 12-145、扬辐麦 2049 和扬 14-88 表现出较大的降幅。湿面筋质量分数下降较显著的品种为中国春、宁 13199、扬辐麦 5145、扬 14-88 和金丰 15-6。沉降值变化较为明显的品种包括宁 13199、中国春、宁 14017、扬辐麦 5145 和润扬麦 40693。淀粉质量分数受影响较大的品种为淮麦 28、宁 13103、苏麦 628、华麦 1092 和扬 14-122。中国春在粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数和沉降值指标上均表现出较大的降幅,表明其对盐碱胁迫具有较高的敏感性。相比之下,扬 14-88 在粗蛋白质量分数和湿面筋质量分数上表现出较强的敏感性,但在淀粉质量分数变化方面未进入前五,反映出它们对盐碱地胁迫的响应可能存在特异性。

表 3 小麦籽粒品质性状间的相关分析

CK 组	粗蛋白 质量分数	湿面筋 质量分数	沉降值	T 组	粗蛋白 质量分数	湿面筋 质量分数	沉降值
粗蛋白质量分数	1			粗蛋白质量分数	1		
湿面筋质量分数	0.80**	1		湿面筋质量分数	0.82**	1	
沉降值	0.63**	0.65**	1	沉降值	0.66**	0.66**	1
淀粉质量分数	-0.39**	-0.43**	-0.54**	淀粉质量分数	-0.12	-0.12	-0.11

注:\* 表示显著相关( $P < 0.05$ ),\*\* 表示极显著相关( $P < 0.01$ )。

表 4 盐碱地胁迫下部分小麦籽粒品质性状绝对变化值

材料名称	粗蛋白 质量分数 $\Delta Q/\%$	材料名称	湿面筋 质量分数 $\Delta Q/\%$	材料名称	沉降值 $\Delta Q/mL$	材料名称	淀粉 质量分数 $\Delta Q/\%$
宁麦资 15318	-4.13	中国春	-10.60	宁 13199	-24.37	淮麦 28	-3.33
中国春	-3.83	宁 13199	-8.17	中国春	-24.07	宁 13103	-2.60
扬 12-145	-3.20	扬辐麦 5145	-6.98	宁 14017	-19.15	苏麦 628	-2.03
扬辐麦 2049	-3.05	扬 14-88	-6.67	扬辐麦 5145	-18.32	华麦 1092	-1.92
扬 14-88	-3.05	金丰 15-6	-6.40	润扬麦 40693	-16.63	扬 14-122	-1.85

由表 5 可知,小麦籽粒品质性状的相对变化率平均值均为负值,表明盐碱地胁迫对小麦籽粒品质整体呈抑制效应。其中,粗蛋白质量分数相对变化率(-7.83%)、湿面筋质量分数相对变化率(-5.45%)、沉降值相对变化率(-7.18%)的平均降幅较大,而淀粉质量分数相对变化率平均降幅最小(-0.70%),表明淀粉

质量分数对盐碱胁迫的耐受性相对更强,粗蛋白质量分数与沉降值则更敏感。在数值变异范围上,不同性状差异明显。沉降值波动区间最宽,差值达 97.27%,说明其种间响应差异极显著,湿面筋质量分数与粗蛋白质量分数波动范围相近且均有正向变化,淀粉质量分数波动最小,进一步印证其稳定性。

表5 盐碱地胁迫下小麦籽粒品质性状相对变化率

品种性状	最小值	最大值	平均值	标准差
粗蛋白质量分数相对变化率 /%	-28.05	17.55	-7.83	8.13
湿面筋质量分数相对变化率 /%	-28.32	26.54	-5.45	8.88
沉降值相对变化率 /%	-45.49	51.78	-7.18	15.51
淀粉质量分数相对变化率 /%	-4.87	4.94	-0.70	1.46

### 3 讨论与结论

本研究以 104 份具有遗传多样性的小麦种质资源为试验材料,于江苏盐城南洋试验场和顺泰农场盐碱地环境中设置对照组与处理组两种处理,通过测定并分析小麦籽粒粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数、沉降值及淀粉质量分数等核心品质性状的变化规律,揭示盐碱胁迫对小麦品质的影响。结果发现处理组中粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数及沉降值显著降低,表明盐碱胁迫可能通过抑制小麦氮代谢过程(如蛋白质合成)或改变籽粒灌浆期的物质积累效率,导致蛋白质类物质合成减少<sup>[14]</sup>。湿面筋作为小麦加工品质的核心指标,其质量分数下降与粗蛋白质量分数的降低趋势一致,且两者的强相关性印证了蛋白质质量分数是影响面筋形成的关键因素。沉降值的降低则暗示盐碱胁迫可能导致面筋强度减弱,进一步影响小麦的烘焙品质。淀粉质量分数在盐碱胁迫下虽有显著差异,但下降幅度较小,说明其合成过程受盐碱胁迫的影响相对较弱,这可能与小麦在逆境中优先维持碳水化合物基本代谢稳态有关<sup>[15]</sup>。此外,淀粉质量分数的变异系数在 4 个性状中最低,表明该性状在不同基因型之间具有较高的遗传稳定性,可作为盐碱地小麦品质改良中一个稳定的参考指标。

相关性分析结果进一步揭示了盐碱胁迫对小麦碳氮代谢平衡的调控作用。对照组中淀粉质量分数与粗蛋白质量分数、湿面筋及沉降值呈极显著负相关,反映了小麦籽粒中碳-氮代谢的权衡关系;而处理组中该负相关性的减弱或消失,可能是盐碱胁迫打破了原有的代谢平衡,导致碳、氮物质分配机制发生改变。这一发现为解析逆境下小麦品质性状的协同调控机制提供了新思路。沉降值在 2 组中均表现出最高的变异系数,且在盐碱地胁迫下的相对变化率波动最大,说明该性状在供试群体中存在丰富的遗传变异,是筛选盐碱胁迫下优质基因型的

理想指标。相比之下,粗蛋白质量分数和湿面筋质量分数的变异程度适中且变化相对稳定,提示其在育种中可作为中高优先级的选择目标。

综上所述,本研究供试的 104 份小麦种质材料在盐城地区(对照与盐胁迫环境)中品质性状类型丰富,具备开展小麦耐盐碱品质遗传改良的材料基础,但盐碱胁迫环境会显著影响品质性状的表达。本研究明确了盐碱胁迫对小麦品质性状的抑制效应及不同性状的响应差异,为盐碱地小麦品种的定向改良提供了具体参考。后续研究可结合分子标记技术与组学分析,深入解析上述品质性状的调控网络与生理机制,并通过多点田间验证筛选耐盐碱且品质优良的小麦核心种质;同时,鉴于本研究仅涉及 104 份材料,未来可进一步扩大样本量,并结合多生态区试验,以提升研究结果的可靠性与普适性。

### 参考文献:

- [1] 王子琳,关裴奕,黄翠,等. 小麦锰锌吸收累积对锌肥的响应[J/OL]. 作物学报,2025:1-9[2025-07-25][2025-08-12]. <https://link.cnki.net/urlid/11.1809.s.20250725.1459.002>.
- [2] 薛远赛,刘义国,林琪,等. 不同肥料对盐碱地小麦花后旗叶生理特性及产量的影响[J]. 湖北农业科学,2016,55(13): 3280-3284.
- [3] 宋大利,喻闻,丁文成,等. 我国沿海滩涂利用高质量发展战略研究[J/OL]. 植物营养与肥料学报,2025:1-10[2025-06-18] [2025-08-12]. <https://link.cnki.net/urlid/11.3996.s.20250616.1553.002>.
- [4] 刘铎,王拯,李平,等. 小麦对盐碱胁迫响应及耐盐碱调控技术研究进展[J]. 江苏农业学报,2024,40(10):1970-1975.
- [5] 蔡文良,宋孝红,魏杰,等. 氮肥减量后移对小麦籽粒产量及品质的影响[J]. 麦类作物学报,2025,45(7):942-951.
- [6] 肖宇,徐婧,牛翠云,等. 缓释氮和速效氮配施对旱地小麦光合特性、产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2025, 53(6):111-118.
- [7] 倪芊芊,陈翔,许辉,等. 温度胁迫对小麦籽粒品质影响

- 研究进展[J]. 江汉大学学报(自然科学版),2022,50(5):56-62.
- [8] 李琦,王佳宇,吴强,等. 限水灌溉对河套灌区小麦籽粒品质的影响[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2022,43(6):28-33.
- [9] 关秀玲,申健. 植物响应盐碱胁迫的生理和分子机制研究进展[J]. 江苏农业科学,2024,52(21):10-16.
- [10] 何江峰,刘红葵,陆振翔,等. 盐胁迫对小黑麦淀粉合成相关基因表达及淀粉含量的影响[J]. 畜牧与饲料科学,2013,34(12):9-14,17.
- [11] 孔欣欣,韩雪,杨丹丹,等. 103份小麦高代品系品质性状的综合分析[J]. 中国种业,2025(4):99-106.
- [12] 范祥云,何漪,余桂红,等. 3个小麦品种品质分类指标性状的全基因组关联分析[J]. 江苏农业科学,2025,53(3):49-54.
- [13] 李春艳,张润琪,付凯勇,等. 小麦淀粉合成关键酶基因和相关蛋白表达对不同施磷量的响应[J]. 麦类作物学报,2018,38(4):401-409.
- [14] 周影. 盐胁迫对小麦籽粒产量和品质形成的影响[D]. 扬州:扬州大学,2007:8-9.
- [15] 汪强,沈会权,徐肖,等. 小麦种质资源性状分析及遗传多样性评价[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(3):8-13,18.

## Effects of Saline-alkali Stress on Wheat Grain Quality in Jiangsu Wheat-producing Region

WANG Qiang<sup>1</sup>, JIANG Hua<sup>2</sup>, YANG Hongyan<sup>1</sup>, SHEN Huiquan<sup>1</sup>, XU Xiao<sup>1</sup>, ZHANG Yinghu<sup>1</sup>, CHENG Yifan<sup>1</sup>, LIANG Zhihao<sup>1</sup>, XUE Song<sup>1</sup>, GUO Aikui<sup>1</sup>, YU Wenqing<sup>1</sup>, LI Yuxing<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224000, China; 2. Institute of Germplasm Resources and Biotechnology, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

**Abstract:** To investigate the impact of saline-alkali stress on wheat grain quality, this study employed 104 genetically diverse wheat germplasm accessions as experimental materials. Comparative experiments were conducted at Nanyang Experimental Field (control) and Shuntai Farm (saline-alkali stress) in Yancheng City, Jiangsu Province. The core quality traits variations of wheat grains including crude protein content were measured. The results showed that saline-alkali stress significantly reduced crude protein content, wet gluten content, and sedimentation value, whereas starch content was less affected. The sedimentation value exhibited the highest genetic variability (control:18.11%, treatment:15.77%), while starch content showed the lowest coefficient of variation (control:1.32%, treatment:1.08%), indicating strong stability. Correlation analysis revealed that crude protein and wet gluten content maintained a highly significant positive correlation ( $r \geq 0.80$ ) both under control and stress conditions, whereas the negative correlation between starch and protein-related traits weakened under stress. Significant varietal differences in stress responses were observed. Zhongguochun displayed high sensitivity across multiple quality traits, while Yang 14-88 exhibited specific responses in crude protein, wet gluten and starch. Sensitive varieties such as Ningmaizi 15318 and Huaimai 28 were identified, providing a theoretical basis for breeding saline-alkali-tolerant and high-quality wheat.

**Key Words:** Wheat; Saline-alkali stress; Quality traits; Genetic variation; Correlation analysis

### 本刊常用计量单位符号简介

为执行国务院发布的《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》的规定,根据中华人民共和国“量和单位”系列国家标准(GB3100—1993、GB/T3101—1993和GB/T3102.1~3102.13—1993),现将本刊常用的计量单位符号介绍如下,希广大作者遵照执行。

时间:日(天)—d;表格中(月/日)应用(月-日),如2/30应用02-30;时—h;分—min;秒—s。质量:吨—t;公斤(千克)—kg;克—g;毫克—mg;微克— $\mu\text{g}$ ;纳克—ng。体积:升—L;毫升—mL;微升— $\mu\text{L}$ 。浓度:通常指物质的量浓度,克分子浓度(M)废用,改为mol/L;当量浓度(N)废用,换算成相应的mol/L;质量浓度单位为kg/L;质量摩尔浓度单位为mol/kg;ppm换算为相应的mg/kg(质量分数)、 $\mu\text{L/L}$ (体积分数)、 $\mu\text{mol/mol}$ (摩尔分数)等。面积:亩—667 m<sup>2</sup>,万亩换算为万hm<sup>2</sup>等。

郭红. 播种量对盐麦7号生长及产量品质的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学, 2025, 42(5): 42-46 (2025-09-16). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.006>.

# 播种量对盐麦7号生长及产量品质的影响

郭红

(盐城市盐都区农业科学研究所, 江苏盐城 224011)

**摘要:**以中强筋小麦新品种盐麦7号为研究材料, 设置 12.5、15.0、17.5、20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 4 个播种量处理, 比较分析不同播种量对盐麦7号光合能力、抗倒伏能力、产量和籽粒品质的影响, 为该品种后续推广提供数据支撑。结果表明, 播种量对盐麦7号的光合能力有显著影响, 旗叶叶绿素值、旗叶叶面积随播种量增加先升后降, 叶面积指数随播种量增加而增加, 单株干物质质量随播种量增加而下降, 群体干物质质量随播种量增加先升后降, 播种量为 17.5 kg/667 m<sup>2</sup> 时群体干物质总量最高; 盐麦7号株高、第1节间、第2节间、第3节间、第4节间、穗颈节的长度均随播种量增加而增加, 各节间茎粗和第2节间抗折力在播种量为 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 时出现显著下降; 盐麦7号的有效穗数随播种量增加先增加后降低, 穗粒数随播种量增加而降低, 千粒质量在播种量为 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 时出现显著下降, 最终产量随播种量提升先增加后降低, 播种量为 17.5 kg/667 m<sup>2</sup> 时产量最高。各籽粒品质性状的数值均随播种量增加而下降, 在播种量达到 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 时出现显著下降。综上, 盐麦7号于 11 月 2 日左右播种、播种量为 17.5 kg/667 m<sup>2</sup> 时, 光合能力、抗倒伏能力、产量、籽粒品质等方面均有较好表现。

**关键词:** 盐麦7号; 播种量; 光合能力; 抗倒伏能力; 产量; 品质

**中图分类号:** S512.1

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1673-6486-20250080

小麦是全球第二大、我国第三大主要粮食作物, 小麦的安全生产及其产量和品质对保障粮食安全、农村经济发展和社会稳定具有重大意义。近年来, 随着小麦相关产业的快速发展, 市场对强筋麦的需求不断提升, 高产、多抗、广适的强筋小麦品种越来越受到市场青睐。但在实际生产中, 优质强筋小麦产量和品质的协调受到栽培密度、肥料运筹等诸多因素的影响, 适宜的播种量可以优化产量形成过程与氮素吸收转运过程, 在保持较高产量的同时维持良好的籽粒品质, 从而实现小麦产量与品质的协调<sup>[1-3]</sup>。盐麦7号是盐城市盐都区农业科学研究所选育的高产、稳产、优质、广适、高抗且熟相好的中强筋小麦新品种。本研究以盐麦7号为试验材料, 开展不同播种量对该品种生长特性、产量、籽粒品质的比较研究, 旨在探索盐麦7号安全稳定生产、产量品质协调的最佳栽培密度, 以期为该品种的大面积推广提供栽培数据支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点和试验材料

试验选在江苏(盐都)现代农业(稻麦)科技综合示范基地(120°2' 16.96"E、33°22' 15.84"N)内, 前茬作物为水稻, 土壤为黏质土, 有机质含量(质量分数, 下同) 17.13 g/kg、总氮含量 2.21 g/kg、速效氮含量 0.17 g/kg、有效磷含量 0.05 g/kg、速效钾含量 0.19 g/kg。试验期间日气温为 3~15℃, 温光条件适宜小麦生长, 降水量较历史同期减少 60%以上, 对小麦灌浆有不利影响。

供试品种为中强筋小麦新品种盐麦7号, 由本所自主育成。

### 1.2 试验设计

试验共设 4 个播种量处理: 12.5、15.0、17.5、20.0 kg/667 m<sup>2</sup>, 分别记为处理 1、处理 2、处理 3、处理 4, 3 次重复, 随机区组排列, 将处理 1 设置为对照。试验播种时间为 2024 年 11 月 2 日, 采用小区机械条播机播种, 行距 20 cm, 每小区面积 35 m<sup>2</sup>, 小区间隔 0.5 m, 横向、竖向保护行均设置 3 m 宽度。

### 1.3 数据采集和处理

光合能力相关数据测定: 在小麦灌浆中期, 每小区选择生育进程一致的小麦 5 株, 使用 SPAD-502 手

收稿日期: 2025-08-11; 修回日期: 2025-08-27。

基金项目: 江苏省种业振兴揭榜挂帅项目(JBGS[2021]048)。

作者简介: 郭红(1977—), 女, 推广研究员, 主要从事小麦新品种选育和稻麦推广工作。Email: guohong9726@163.com。

持叶绿素测定仪测量旗叶叶绿素值,使用浙江托普云农 YMJ-B 手持叶面积测定仪测量旗叶面积,使用美国 LI-COR 公司 LAI-2200 冠层分析仪测量每个小区的叶面积指数;每小区选择 5 个单株,洗净后置于烘箱中 105 °C 杀青 30 min,再以 80 °C 烘干至恒质量,称取干物质质量,并换算群体干物质质量。

抗倒伏能力相关性状测定: 在小麦灌浆中期,每小区选择生育进程一致的小麦 5 株,测量株高后,剪取节间测量各节间长度,使用游标卡尺测量每节间茎粗;将第 2 节间放置于 2 块木板之间,木板开凹槽便于固定节间,节间中部悬挂称量托盘,放置砝码直至节间折断,根据托盘和砝码的质量换算成重力,即第 2 节间抗折力。

产量和品质测定: 小麦成熟期每小区选择 5 个点,每点数 1 m 行长的总穗数,换算成有效穗数;每小区取连续的 5 个植株,剪取全部穗子,考察穗粒数;小区收割晾晒后称量实际产量,并取样测定千粒质量;利用瑞典波通公司 7200 近红外谷物品质分析仪测定籽粒粗蛋白含量,利用瑞典波通公司 GM2200 面筋仪测定湿面筋含量,利用杭州佩克昂 PF-E 粉质仪测定吸水率和面团稳定时间。

数据处理和分析使用 WPS 2025 和 SPSS 22.0,多重比较使用 Duncan 法进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同播种量处理的小麦光合能力比较

由表 1 可知,旗叶叶绿素值随播种量增加先升后降,最高值为处理 2,达 56.32,其余 3 个处理数值上差异无统计学意义,处理 4 叶绿素值最小,为 54.87;处理 2、处理 3 的旗叶面积显著高于处理 1、处理 4,处理 1 旗叶面积显著高于处理 4,即随播种量增加,旗叶面积先升后降,最高值为处理 2 的 28.96 cm<sup>2</sup>;处理 3、处理 4 的叶面积指数差异无统计学意义,处理 4 显著高于处理 1、处理 2,叶面积指数随播种量增加而增加,最高值为处理 4 的 4.67。从干物质合成量来分析,单株干物质质量随播种量增加显著降低,处理 1 单株干物质质量最高为 14.35 g,处理 4 单株干物质质量最低,为 8.35 g;群体干物质质量则随播种量增加先升后降,处理 1 至处理 3 群体干物质质量显著提升,处理 3 至处理 4 显著下降,最高值为处理 3 的 2 125.51 kg/667 m<sup>2</sup>。综上,不同播种量对盐麦 7 号的光合能力相关性状影响显著,旗叶叶绿素值、旗叶面积、群体干物质质量随播种量增加先增后降,叶面积指数随播种量增加呈增加趋势,单株干物质质量随播种量增加呈下降趋势。

表 1 盐麦 7 号不同播种量处理的光合能力比较

播种量处理	旗叶叶绿素值	旗叶面积/cm <sup>2</sup>	叶面积指数	单株干物质质量/g	群体干物质质量/(kg/667 m <sup>2</sup> )
1	55.17 b	24.35 b	3.62 c	14.35 a	1 958.78 c
2	56.32 a	28.96 a	4.15 b	12.27 b	2 055.23 b
3	55.39 b	27.62 a	4.35 ab	11.33 c	2 125.51 a
4	54.87 b	22.34 c	4.67 a	8.35 d	1 912.15 c

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异具统计学意义( $P < 0.05$ )。下表同。

### 2.2 不同播种量处理的小麦抗倒伏能力比较

由表 2 可知,随播种量的增加,株高表现为显著升高的趋势,处理 4 株高为 79.60 cm,较处理 1 增加 2.96 cm。从各节间长度分析,随播种量增加,第 1 节间长度显著增加,处理 3 至处理 4 的第 1 节间长度增加幅度较大,达 0.25 cm;处理 4 的第 2 节间长度显著高于处理 1、处理 2,节长较处理 1 增加 0.21 cm,处理 1、处理 2、处理 3 的第 2 节间长度差异无统计学意义;处理 4 的第 3 节间长度显著高于处理 1、处理 2,节长较处理 1 提升 0.53 cm,处理 1 至处理 3 间的第 3 节间长度差异无统计学意义;第 4 节间

长度随播种量增加有显著增加趋势,其中处理 4 的第 4 节间长度显著高于其余 3 个处理,处理 3 的第 4 节间长度显著高于处理 1,处理 4 的第 4 节间长度较处理 1 增加 1.55 cm;处理 4 的穗颈节长度显著高于其余 3 个处理,处理 1、处理 2、处理 3 的穗颈节长度差异无统计学意义,处理 4 较处理 1 的穗颈节长度增加 1.13 cm。结果表明,第 1 节间、第 4 节间长度受播种量影响最为显著,第 1 节间随播种量增加表现为显著递增,第 4 节间随播种量增加而提升,处理 1、处理 2、处理 4 的节长显著递增,第 2 节间、第 3 节间、穗颈节长度整体表现为随播种量增加

而小幅增加,在播种量达到 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 后,节长较处理 1、处理 2 显著增加。

从各节间茎秆的粗细来分析,第 1 节间至第 4 节间茎粗均表现为处理 1、处理 2、处理 3 之间差异无统计学意义,但显著高于处理 4;穗颈节茎粗表现为处理 1、处理 2 显著高于处理 4,处理 3、处理 4 之间差异无统计学意义。结果表明,随盐麦 7 号播种量增加,茎粗先是无显著变化,在播种量达到 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 后,茎粗显著降低。

第 2 节间抗折力是衡量小麦抗倒伏能力的主要标准之一。随播种量的增加,处理 1、处理 2、处理 3 间的第 2 节间抗折力差异无统计学意义,处理 4 的第 2 节间抗折力则显著低于前 3 个处理,且抗折力降低幅度较大,比处理 1、处理 2、处理 3 分别降低 0.30、0.33、0.25 N。结果表明,随盐麦 7 号播种量增加,第 2 节间抗折力前 3 个处理无显著变化,在播种量达到 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 后,第 2 节间抗折力会显著降低。

表 2 盐麦 7 号不同播种量的抗倒伏相关性状比较

播种量 处理	株高	第 1 节间		第 2 节间		第 3 节间		第 4 节间		穗颈节		第 2 节间 抗折力/ N
		节长/ cm	茎粗/ cm									
1	76.64 c	4.81 d	0.42 a	8.16 b	0.44 a	11.82 b	0.45 a	17.67 c	0.44 a	25.23 b	0.28 a	2.32 a
2	77.35 bc	4.93 c	0.43 a	8.19 b	0.45 a	11.93 b	0.45 a	18.02 bc	0.44 a	25.38 b	0.28 a	2.35 a
3	78.01 b	5.03 b	0.42 a	8.22 ab	0.44 a	12.03 ab	0.44 a	18.47 b	0.43 a	25.59 b	0.26 ab	2.27 a
4	79.60 a	5.28 a	0.38 b	8.37 a	0.40 b	12.35 a	0.41 b	19.22 a	0.41 b	26.36 a	0.24 b	2.02 b

2.3 不同播种量处理的产量要素和籽粒品质比较

由表 3 可知,处理 1、处理 2、处理 3 全生育期均为 209 d,处理 4 全生育期为 210 d。各产量要素中,有效穗数随播种量的增加先是显著提升,在处理 4 出现显著下降,其中处理 3 有效穗数最高,为 33.7 万穗 /667 m<sup>2</sup>。穗粒数随播种量增加有显著降低趋势,处理 1 穗粒数最高为 41.9 粒 / 穗;处理 4 穗粒数最低为 36.1 粒 / 穗,较处理 1 降低 5.8 粒 / 穗。处理 1、处理 2、处理 3 间的千粒质量差异无统计学意义,处理 4 千粒质量显著降低,其中处理 2 千粒质量最高,为 47.1 g;处理 4 最低,为 45.2 g,较处理 2 下降 1.9 g。从实际产量来看,处理 3 显著高于处理 1、处理 4,处理 1、处理 2 之间差异无统计学意义但均显著高于处理 4,其中处理 3 产量最高,为

531.7 kg/667 m<sup>2</sup>;处理 4 产量最低,为 478.6 kg/667 m<sup>2</sup>,差异幅度达到 53.1 kg/667 m<sup>2</sup>。结果表明,当盐麦 7 号播种量达到 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 后,群体内竞争加大,个体植株发育受到极大限制,有效穗数、穗粒数、千粒质量出现不同程度下降,最终导致产量较大幅度降低。

从不同处理的籽粒品质来分析,处理 1、处理 2、处理 3 的粗蛋白质量分数、湿面筋质量分数、吸水率、稳定时间等籽粒品质主要指标未出现显著变化,至处理 4 时,各品质指标均出现显著降低。结果表明,当播种量为 12.5 ~ 17.5 kg/667 m<sup>2</sup>,盐麦 7 号籽粒品质比较稳定,在播种量提升到 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> 后,籽粒品质的主要指标值出现显著下降,影响筋度。

表 3 盐麦 7 号不同播种量处理的产量要素和主要品质性状比较

播种量 处理	全生育期/ d	有效穗数/ (万穗 /667 m <sup>2</sup> )	穗粒数/ (粒 / 穗)	千粒质量/ g	实际产量/ (kg/667 m <sup>2</sup> )	粗蛋白 质量分数 /%	湿面筋 质量分数 /%	吸水率/ %	稳定时间/ min
1	209	27.6 d	41.9 a	46.9 a	516.8 b	14.53 a	29.52 a	63.51 a	6.0 a
2	209	29.3 c	40.4 ab	47.1 a	523.6 ab	14.41 a	29.37 a	63.39 a	6.0 a
3	209	33.7 a	39.3 b	46.4 a	531.7 a	14.35 a	29.28 a	63.28 a	5.9 a
4	210	31.8 b	36.1 c	45.2 b	478.6 c	13.98 b	28.76 b	62.65 b	5.7 b

### 3 讨论

本文以中强筋小麦新品种盐麦7号为试验材料,研究不同播种量对该品种光合能力、抗倒伏能力、产量要素和品质指标的影响。合理的播种量有利于构建合理的群体架构,从而提升光合效率,增加干物质合成量,最终提升籽粒产量。黄勇等研究认为,单位面积有效穗数随栽培密度增加显著提高,但每穗粒数和千粒质量随栽培密度增加而降低<sup>[4]</sup>。赵小光等研究表明,叶片叶绿素含量、旗叶面积、总叶面积均随种植密度的增加先升后降,叶面积指数随种植密度的增加而升高;单株干物质积累量随种植密度增加而下降,折合群体干物质积累量随种植密度增加先升后降;有效穗数随种植密度增加先升后降,穗粒数和千粒质量则随种植密度的增加而下降<sup>[5]</sup>。王玉芳研究发现,冬小麦产量随种植密度的增加呈现先上升后下降的趋势<sup>[6]</sup>。本研究中,播种量对光合能力及产量相关性状的研究结果与赵小光等研究结论<sup>[5-6]</sup>类似,与黄勇关于有效穗数与播种量的关系<sup>[4]</sup>稍有差异,这可能与播种量处理的设置区间有关。

有研究表明,随播种量提升,小麦基部第2节间伸长,株高增加,导致植株中心升高,倒伏风险增加<sup>[7-8]</sup>。赵夕冉等研究发现,随播种量增加,穗数和粒数下降,茎秆强度减弱,抗倒性下降,但是它们的变化范围和幅度依据品系(种)和株型特征存在差异<sup>[7]</sup>。刘朝阳研究发现,基部第2节间长度和株高随种植密度的增加而增加,从而导致重心高度升高,小麦基部节间充实度降低,抗折力下降,增加倒伏风险,且小麦倒伏指数与茎秆基部第2节间充实度和抗折力之间存在显著的负相关关系<sup>[8]</sup>。本研究从各节间的长度、粗度、第2节间抗折力入手,对植株重心高度未有研究,但现有研究结果与赵夕冉等研究结论<sup>[7-8]</sup>基本一致。

前人研究表明,播种量对小麦产量和籽粒品质的形成有较大影响。丁明亮等研究表明,随播种量提升,产量先升后降,籽粒品质相关的蛋白质含量、湿面筋含量、形成时间及稳定时间也会受到影响<sup>[9]</sup>。闫书波等研究发现,在4个栽培密度条件下,低密度和高密度的籽粒产量低于2个中密度<sup>[10]</sup>。乔佳秀研究表明,不同播种量对冬小麦蛋白质含量、湿面筋含量和沉降值有显著或极显著影响,增大播种量,蛋白质含量、湿面筋含量和沉降值等小麦籽粒

指标均逐渐下降,影响小麦籽粒品质,故适当降低播种量可对冬小麦加工品质起优化作用<sup>[11]</sup>。本研究中,强筋小麦的筋度指标均随播种量增加而降低,这与乔佳秀的研究结果<sup>[11]</sup>一致。

### 4 结论

本研究通过对盐麦7号不同播种量处理下的光合能力、抗倒伏能力、产量、籽粒品质等指标进行综合分析,结果表明:播种量对盐麦7号的光合能力相关性状影响显著,旗叶叶绿素值、旗叶面积、群体干物质质量随播种量增加先增后降,叶面积指数随播种量增加而增加,单株干物质质量随播种量增加而降低,播种量为17.5 kg/667 m<sup>2</sup>时群体干物质总量最高;盐麦7号各节间茎粗和第2节间抗折力在播种量为20.0 kg/667 m<sup>2</sup>时出现显著下降,该播种量处理在生产中有一定倒伏风险;盐麦7号有效穗数随播种量提升先增加后降低,穗粒数随播种量提升呈降低趋势;千粒质量在播种量为20.0 kg/667 m<sup>2</sup>时出现显著下降,最终产量随播种量提升先增加后降低,播种量为17.5 kg/667 m<sup>2</sup>时最终产量最高。各籽粒品质性状的数值均随播种量增加而下降,在播种量达到20.0 kg/667 m<sup>2</sup>时出现显著下降。

综上所述,中强筋小麦新品种盐麦7号在11月2日左右播种、播种量为17.5 kg/667 m<sup>2</sup>时,光合能力、抗倒伏能力、产量、籽粒品质等方面均有较好表现,能够实现量质协调生产。

### 参考文献:

- [1] 刘运景,郑飞娜,张秀,等. 宽幅播种对强筋小麦籽粒产量、品质和氮素吸收利用的影响[J]. 作物学报,2022,48(3):716-725.
- [2] 李东升,胡文静,吴荣林,等. 强筋小麦扬麦29产量和籽粒品质对栽培措施响应[J]. 江苏农业科学,2022,50(1):55-60.
- [3] 董述鑫. 协同提高强筋小麦产量、品质和氮素利用率的技术途径研究[D]. 泰安:山东农业大学,2020:32-38.
- [4] 黄勇. 六盘水市小麦种植密度对产量的影响试验分析[J]. 数字农业与智能农机,2024(9):91-93.
- [5] 赵小光,赵鹏涛,翟周平,等. 密度对陕麦224光合性状和产量性状的影响[J]. 中国种业,2024(2):103-106,113.
- [6] 王玉芳. 种植密度对滨洲冬小麦光合特性、产量和品质的影响[J]. 农业科技通讯,2025(6):53-55,59.

- [7] 赵夕冉,张 玉,张嘉豪,等. 密度和行距对直立株型小麦产量、群体冠层特征和抗倒伏性的影响[J]. 中国农学通报, 2024,40(14):13–22.
- [8] 刘朝阳. 种植密度对冬小麦茎秆抗倒性能与产量的影响[D]. 新乡:河南科技学院,2024:11–18.
- [9] 丁明亮,刘 佳,李绍祥,等. 小麦新品种“云麦110”产量和品质性状对不同种植密度的响应[J]. 中国农学通报,2022, 38(24):1–7.
- [10] 闫书波,李玉鹏,周 冉,等. 播种期和密度对小麦品种宛麦18产量形成的影响[J]. 农业科技通讯,2017(3):46–50.
- [11] 乔佳秀. 播量和追氮量对冬小麦西农 805 穗部性状及产量品质的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2021:29–31.

## Effects of Seeding Rate on Growth, Yield and Quality of Yanmai No.7

GUO Hong

(Yandu Institute of Agricultural Sciences in Yancheng City, Yancheng 224011, China)

**Abstract:** Taking the new medium-strong gluten wheat cultivar Yanmai No.7 as the research material, four seeding rate treatments of 12.5, 15.0, 17.5 and 20.0 kg/667 m<sup>2</sup> were set up to compare and analyze the effects of different seeding rates on the photosynthetic capacity, lodging resistance, yield, and grain quality of Yanmai No.7, so as to provide data support for the subsequent promotion of this cultivar. The results showed that the seeding rate had a significant impact on the photosynthetic capacity of Yanmai No.7. The flag leaf chlorophyll content and area increased first and then decreased with the increase of seeding rate, while the leaf area index continued to increase. The dry matter mass per plant consistently decreased with the increase of seeding rate, whereas the population dry matter mass increased first and then decreased, reaching the highest value at the seeding rate of 17.5 kg/667 m<sup>2</sup>. The plant height, as well as the lengths of the first, second, third, fourth internodes, and the peduncle of Yanmai No.7, all increased with the increase of seeding rate. However, the stem diameters of each internode and the breaking resistance of the second internode decreased significantly at the seeding rate of 20.0 kg/667 m<sup>2</sup>. The effective panicle number of Yanmai No.7 increased first and then decreased with the increase of seeding rate, while the grain number per panicle consistently decreased. The thousand-grain weight decreased significantly at the seeding rate of 20.0 kg/667 m<sup>2</sup>. Ultimately, the yield increased first and then decreased with the increase of seeding rate, reaching the highest value at the seeding rate of 17.5 kg/667 m<sup>2</sup>. All grain quality traits decreased with the increase of seeding rate, showing a significant decline at the seeding rate of 20.0 kg/667 m<sup>2</sup>. Based on the comprehensive research results, when Yanmai No.7 is sown around November 2 with a seeding rate of 17.5 kg/667 m<sup>2</sup>, it demonstrates favorable performance in terms of photosynthetic capacity, lodging resistance, yield, and grain quality.

**Key Words:** Yanmai No.7; Seeding rate; Photosynthetic capacity; Lodging resistance; Yield; Quality

### 第三届大麦(青稞)青年学术论坛在青岛成功举办!

2025年9月16日至20日,由中国作物学会主办,中国作物学会大麦专业委员会与青岛农业大学共同承办的“第三届大麦(青稞)青年学术论坛”在山东青岛顺利举行。此次论坛由来自全国30余家科研单位、高校及企业的百余名师生与企业代表共同参与。论坛开幕式由青岛农业大学农学院院长马武军教授主持。中国作物学会大麦专业委员会会长、中国农业科学院作物科学研究所张京研究员在致辞中对论坛筹备工作给予充分肯定并致谢,并对与会青年学者表示热烈欢迎。他指出,大麦专业委员会以推动学科发展、服务产业需求为使命,持续为青年科技人才搭建交流协作与成长成才的平台。青年科技工作者是国家科技创新的主力军,也是推动大麦青稞产业高质量发展的关键力量。希望青年学者珍惜此次交流机会,激发创新思维,凝聚合作共识,共同助力我国大麦青稞产业迈向新高度。青岛农业大学副校长郭尚敬对各位专家学者的到来表示诚挚欢迎。他表示,本次论坛作为高水平学术交流平台,将为行业搭建思想碰撞、资源共享的桥梁,期待参会者以论坛为契机,促进学科交叉与优势互补,深化合作,共同推动大麦领域前沿探索与技术突破。在特邀报告环节,张京研究员以“大麦产业发展历史回顾及籽粒糯性遗传研究”为题,浙江大学张国平教授围绕“我国大麦研究的昨天、今天与明天”,青海大学吴昆仑研究员就“基于产量三因素的青稞‘3-4-5’丰产模式及育种实践”分别作了精彩分享。此外,37位青年学者围绕大麦(青稞)的理论研究与基因挖掘、种质创新与遗传育种、耕作栽培与绿色发展等专题进行了学术报告。论坛共收到摘要65篇,墙报23份。此次论坛的成功举办,不仅为国内青年学者搭建了高水平交流平台,有效促进了青年学者深度互动与思想交融,更为行业未来的跨单位协作、跨领域创新注入了新动能,对推动我国大麦学科发展与产业升级具有重要意义!

(中国农业科学院作物研究所 阙金红)

银永安,马俊琪,韩 甘,等.膜下滴灌玉米施用微生物肥降本增效试验[J/OL].大麦与谷类科学,2025,42(5):47-51,56(2025-09-25).

https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.007.

# 膜下滴灌玉米施用微生物肥降本增效试验

银永安,马俊琪\*,韩 甘,常嘉乐,王建斌,赵华杰,张思怡

(杨凌数字农业科技有限公司,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**针对陕西榆林地区玉米种植存在过量施用化肥、增加种植成本,导致土壤板结、污染及作物产量不高等问题,开展玉米微生物肥降本增效试验。通过对施用复合微生物肥(含枯草芽孢杆菌、有益微生物即EM菌)后玉米农艺性状、产量与传统种植化肥施用的比较分析,结果表明:复合微生物肥较传统化肥施用使玉米株高增长19.5%,茎粗增加10.4%,灌浆期叶片增加1片/株;其次,复合微生物肥较传统施肥降本增效显著(降低成本11.2%,产量增加9.5%),综合收益增幅为13.0%,3个指标均达到显著水平( $P < 0.05$ )。

**关键词:**玉米;膜下滴灌;微生物肥;降本;增效

**中图分类号:**S513

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20250031

玉米是我国种植面积和总产量最大的粮食作物,在我国粮食安全中起着极其重要的作用<sup>[1]</sup>。玉米也是重要的饲料作物,又是食品、化工、燃料、医药等行业的重要原料<sup>[2-3]</sup>。随着工业化不断推进,加工业、畜牧业等产业对玉米的需求逐渐增大<sup>[4-5]</sup>。养殖业与工业的叠加消耗,致使玉米的消费量呈现逐年递增的趋势<sup>[6-7]</sup>。为了满足玉米的消费需求,应当大力发展玉米生产,其中玉米单产提升与降本增效在当下显得尤为重要<sup>[8-9]</sup>。

陕西榆林地处陕北黄土高原,受光热资源限制,该地区实行一年一季作物种植模式。长期以来,农户为了追求当季高产,在玉米种植过程中大量施用尿素、磷酸二铵、过磷酸钙、氮磷钾复合肥等无机化肥,而有机肥、微生物肥的施用量很少。长期过量施用化肥导致了该地区土壤盐渍化、板结、有机质严重匮乏,从而限制了玉米产量的提升。

近年来,榆林地区推广有机无机肥配施技术,如70%无机肥+30%有机肥或等比例配施,玉米产量有所提高。生物有机肥(如山羊粪基肥料)的应用

逐渐增多,既能提高地力,又能减少环境污染,但之前长期施用化肥对土壤造成的板结、盐渍化等问题一直没有得到有效解决。为了解决该地区农业生产中因化肥过量施用导致的环境劣变与成本增加等问题,杨凌数字农业科技有限公司、陕西航天亿丰科技有限公司、靖边县春谷种养殖农民专业合作社联合开展了玉米种植中复合微生物肥应用的降本增效试验,旨在通过施肥种类调整和技术创新,达到降低化肥施用、保护土壤环境和提高玉米种植效益的目的。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验于2024年4月在陕西省榆林市靖边县银湾村(107°55'26"~109°03'20"E,37°29'30"~38°03'06"N)进行。试验土壤质地为壤土,耕作层有机质含量(质量分数,下同)8.6 g/kg、速效氮含量91.83 mg/kg、速效磷含量38.47 mg/kg、速效钾含量211.3 mg/kg,pH值为7.9,总盐含量1.65 g/kg。

### 1.2 供试材料

**1.2.1 玉米品种。**玉米品种为五谷631,生育期125 d左右。幼苗第1叶叶鞘紫色,叶尖端圆到匙形,叶缘紫色;株形半紧凑,总叶片数20片/株,全株株高275 cm,穗位高110 cm;花药浅紫色,颖壳绿色,花丝紫红色;果穗筒型,穗轴红色,穗长18.4 cm,

收稿日期:2025-03-19;修回日期:2025-08-26。

基金项目:国家重点研发计划(2021YFD1900703);陕西省省级高层次人才专项(2024SXRC0039);陕西农业发展集团内部项目(NFJC2025-12)。

作者简介:银永安(1983—),男,博士,研究员,主要从事粮食作物数字农业研究。Email:270457471@qq.com。

\*通信作者:马俊琪(1970—),男,杨凌数字农业科技有限公司董事长,主要从事数字农业研究。Email:124432445@qq.com。

穗行 14—16 行,行粒数 31 粒/行;籽粒黄色、半马齿型,百粒质量 37.5 g,出籽率 85.5%。

**1.2.2 试验施用肥料。**试验处理施用肥料为陕西航天亿丰科技有限公司生产的复合微生物肥。该肥料内含枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、侧孢短芽孢杆菌(*Brevibacillus laterosporus*)、胶冻样芽孢杆菌(*Paenibacillus mucilaginosus*)、巨大芽孢杆菌(*Bacillus megaterium*)、哈茨木霉(*Trichoderma harzianum*)等多种有益微生物,活菌含量超过国家设定的有效活菌含量标准,最高可达 1 500 亿/g(陕西航天亿丰科技有限公司监测报告数据)。该复合微生物肥应用于玉米种植底肥、追肥冲施及叶面喷施 3 个阶段,即分别在玉米播种同步施底肥、玉米小喇叭口期追肥冲施、大喇叭口期进行叶面喷施。

**1.2.3 传统种植对照施用肥料情况。**底肥:三元复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 质量分数之比为 20 : 12 : 9) 20 kg/667 m<sup>2</sup>,磷酸二铵 10 kg/667 m<sup>2</sup>。追肥:分别在玉米苗期、小喇叭口期和大喇叭口期分 3 次随水滴施,总施入尿素 12 kg/667 m<sup>2</sup>、磷酸一铵 18 kg/667 m<sup>2</sup>、硫酸钾 9 kg/667 m<sup>2</sup>。

### 1.3 试验设计

试验于 2024 年 4 月 22 日播种,采用膜下滴灌方式,1 膜 1 管 2 行种植模式,膜宽 115 cm,幅宽 140 cm,机械铺膜。滴灌带铺设在种植行中间,机械播种,株距 18 cm,每穴播种 2 粒,密度为 6 000 株/667 m<sup>2</sup>。田间管理同对照大田管理。

### 1.4 测定指标

**1.4.1 土壤养分含量。**在玉米成熟期取 0~20 cm 表土样,自然风干后测定土壤 pH 值、养分含量。土壤 pH 值采用玻璃电极法(水土比为 2.5 : 1.0)测定;土壤有机碳含量采用重铬酸钾氧化法测定;全氮含量采用浓硫酸-过氧化氢消煮,消煮液用 SKD-200 全自动凯氏定氮仪测定。

**1.4.2 植株形态。**吐丝期每个处理选取 5 株,测定其株高、穗位高、茎秆基部 3~5 节间直径,计算穗位系数。穗位系数 = 穗位高 / 株高。

**1.4.3 单株叶面积测定。**在玉米抽雄期(VT)、吐丝期(R1)、水泡期(R2)、乳熟期(R3)、蜡熟期(R4)和凹陷期(R5),每个处理选取 5 株长势均匀的代表性植株,测定每片叶的叶长和叶宽,采用长宽系数法计算单叶的叶面积:展开叶单叶面积 = 长 × 宽 × 0.75 (0.75 为系数);未展开叶面积 = 长 × 宽 × 0.5

(0.5 为系数)。叶面积指数(LAI)为植被叶片总面积与土地面积的比值。

**1.4.4 产量及产量构成。**在生理成熟期(R6),每个小区选择中间 3 行 5 m,收获全部果穗后称质量。按平均穗质量法取 20 个标准果穗,脱粒称质量,计算鲜穗出籽率。用校准后的谷物水分测定仪(PM-8188,日本 KETT)测定籽粒含水量。此后计算含水率为 14.0%的籽粒产量。另外选取 20 个标准果穗,测定平均穗粒数和千粒质量。产量(kg/hm<sup>2</sup>) = 鲜穗质量(kg/hm<sup>2</sup>) × 出籽率(%) × [1 - 含水率(%) / (1 - 14%) ]。

### 1.5 数据统计与分析

采用 Excel 2019 和 SPSS 23.0 软件进行数据处理及分析,采用 Origin 9.6 和 Excel 2019 软件进行图表绘制。

## 2 结果与分析

### 2.1 膜下滴灌玉米施用微生物肥后期土壤分析

如图 1 所示,与传统种植相比,施用微生物肥对土壤理化性质产生了一定的改善作用。其中,微生物菌肥显著降低了土壤 pH 值,由 8.2 降至 7.4,降幅约 9.8%( $P < 0.05$ )。这可能与微生物肥中有机酸代谢产物释放、微生物促进根际有机酸分泌以及养分离子交换有关,从而缓解了碳酸盐性土壤偏碱的状况。

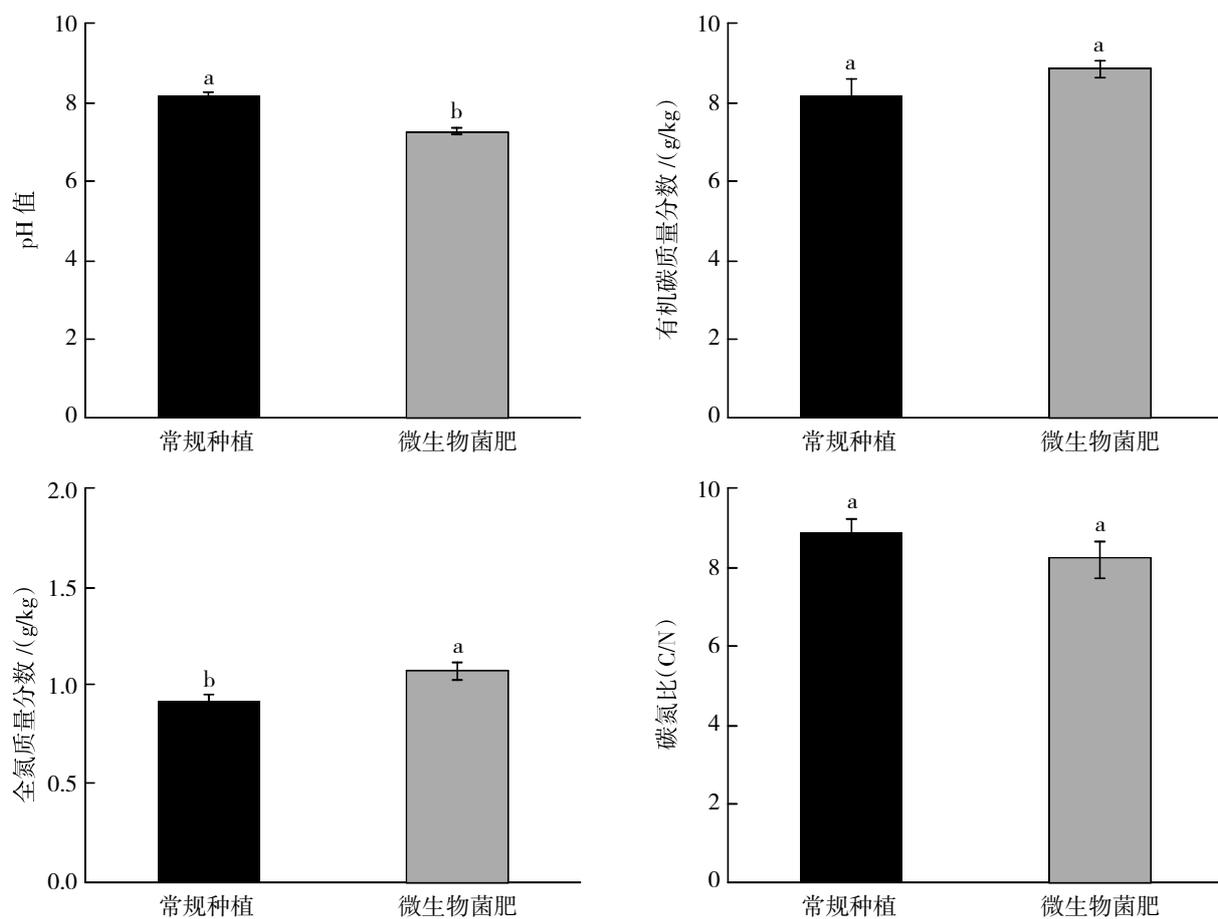
在养分含量方面,微生物肥显著提高了土壤全氮质量分数,由 0.90 g/kg 增至 1.05 g/kg,增幅达 16.7%( $P < 0.05$ )。这表明微生物肥不仅能直接补充部分养分,还可能通过固氮、促进氮素矿化和氮循环相关酶活性增强,提高了土壤氮素有效性。与此同时,土壤有机碳质量分数由 8.2 g/kg 微增至 8.9 g/kg(提高 8.5%),虽未达到显著水平,但总体上呈上升趋势,反映了微生物肥可能存在促使有机质积累的潜力。碳氮比(C/N)则由 9.0 降至 8.2(下降 8.9%,但无统计学意义),可能氮素增加幅度略高于有机碳,养分供应似乎向着有利于作物吸收利用的方向优化。

### 2.2 膜下滴灌玉米施用微生物肥农艺性状分析

由表 1 可知,施用微生物肥显著促进了玉米株高和穗位高度的增加,在抽雄期,微生物肥处理的株高达 226.33 cm,较传统种植(203.00 cm)提高了

11.5% ( $P < 0.05$ )；穗位高度由 51.67 cm 提高至 72.17 cm,增幅 39.7% ( $P < 0.05$ )。进入成熟期,微生物肥处理株高和穗位高度分别达 256.01、100.00 cm,较传统种植分别提高 12.3% 和 92.3%,差异具统计学意义 ( $P < 0.05$ )。这表明微生物肥在促进植株营养生长和穗部发育方面具有明显效果。

在茎粗方面,抽雄期 2 处理间差异无统计学意义,但在成熟期,微生物肥处理茎粗为 2.54 cm,显著高于常规种植的 1.91 cm(增幅 33.0%,  $P < 0.05$ )。茎秆粗壮有助于提高植株的抗倒伏能力和养分运输效率,这与株高增加形成互补,对产量形成具有积极意义。



同一指标不同小写字母表示处理间差异具统计学意义 ( $P < 0.05$ )。图 2 同

图 1 膜下滴灌玉米施用微生物肥对土壤养分含量的影响

表 1 膜下滴灌玉米滴施复合微生物肥后抽雄期与成熟期部分农艺性状

生育时期	处理	株高 /cm	穗位高 /cm	茎粗 /cm
抽雄期(VT)	传统种植(CK)	203.00 ± 3.27 b	51.67 ± 4.19 b	2.73 ± 0.54 a
	微生物肥	226.33 ± 11.09 a	72.17 ± 0.85 a	2.22 ± 1.07 a
成熟期(R6)	传统种植(CK)	228.00 ± 9.27 b	52.01 ± 11.09 b	1.91 ± 0.23 b
	微生物肥	256.01 ± 8.65 a	100.00 ± 0.94 a	2.54 ± 0.08 a

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异具统计学意义 ( $P < 0.05$ )。表 2 同。

### 2.3 膜下滴灌玉米施用微生物肥后 SPAD 值和叶面积指数的分析

由图 2 所示,微生物肥显著影响作物 SPAD 值

和叶面积指数(LAI)。相比常规种植,SPAD 值在 VT 阶段从 45 增至 48 (约 6.7%),R2 从 52 增至 60 (15.4%),R3 从 65 增至 68(4.6%),R4 从 58 增至 62

(6.9%),R5 从 48 增至 50 (4.2%),R2 和 R3 增幅显著 ( $P < 0.05$ )。LAI 在 VT 从 5.0 增至 5.5(10.0%),R2 从 4.5 增至 6.0(33.3%),R3 从 6.5 增至 6.8(4.6%),R4 从 6.0 增至 6.2 (3.3%),R5 从 4.5 增至 5.0

(11.1%),R2 和 R3 差异明显。R2—R3 阶段的显著提升反映了生殖生长期光合需求增加和抗逆性改善,显示微生物肥在关键生育期优化作物性能的潜力。

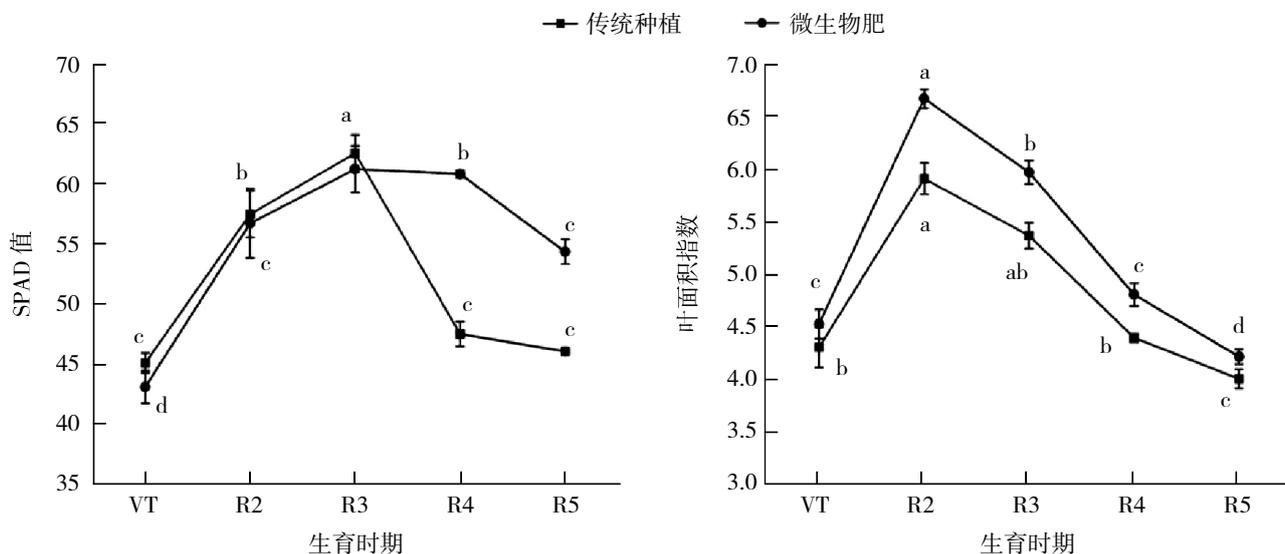


图2 膜下滴灌玉米施用微生物肥对 SPAD 值和叶面积指数的影响

2.4 膜下滴灌玉米施用微生物肥产量及构成因素分析

由表 2 可知,与传统种植相比,微生物肥处理穗粒数显著增加 3.6%,百粒质量增 9.4%,收获穗数增加 2.8%,单位面积产量达 15 899.41 kg/hm<sup>2</sup> (较 CK 增 32.6%)。各指标均显示微生物肥处理显著优于传统种植,单位面积产量增幅尤为明显,反映微生物肥是通过提升穗粒质量和有效穗数来提高作物产量。

2.5 复合微生物肥与常规化肥种植降本增效分析

由表 3 可以看出,施用复合微生物肥处理,在生产资料成本方面相较于传统种植方法降低 45.0 元 /667 m<sup>2</sup>,收获产量增加 65.0 kg/667 m<sup>2</sup>,综合收益增加 204.5 元 /667 m<sup>2</sup>。通过数据对比以及结合统计学分析可以得出,微生物肥较传统施肥模式降本 11.2%,产量增加 9.5%,综合收益增幅为 13.0%,差异均具统计学意义。

表 2 膜下滴灌玉米施用微生物肥对产量及构成因素的影响

处理	穗粒数 / (粒 / 穗)	百粒质量 /g	收获穗数 / (穗 /hm <sup>2</sup> )	产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )
传统种植(CK)	401.67 ± 13.82 b	35.20 ± 0.13 a	118 172 ± 1 257 b	11 987.06 ± 585.52 b
微生物肥	416.34 ± 13.06 a	38.51 ± 1.14 a	121 507 ± 877 a	15 899.41 ± 403.71 a

表 3 复合微生物肥种植与传统化肥施用种植成本、产量、收益对比

处理	肥料成本 / (元 /667 m <sup>2</sup> )	收获产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> )	收益 / (元 /667 m <sup>2</sup> )
传统种植(CK)	400.0	685.0	1 575.5
微生物肥	355.0	750.0	1 780.0
比 CK 增	-45.0	65.0	204.5
比 CK 增 /%	-11.2*	9.5*	13.0*

注:\* 表示与 CK 相比在 0.05 水平上差异有统计学意义。

### 3 讨论

从玉米株高、叶片数、茎粗 3 个形态学指标来分析,施用微生物肥的玉米株高与茎粗 2 个指标在灌浆期和乳熟期 2 个阶段都显著高于传统处理,这说明微生物肥的施用能在玉米关键时期起到促进植株长高和增粗的作用。此外,这 3 个形态指标对于玉米光合作用的提升有着正向的促进作用,也有利于玉米光合产物干物质的形成,最终促进产量的增加<sup>[10]</sup>。微生物肥施用促进作物生长的基本原理是活化菌分解释放了土壤中固定的氮肥、磷肥和钾肥,让这 3 种单量元素肥料在土壤中得到活化,有利于作物快速吸收利用<sup>[11]</sup>。因此,施用微生物肥不仅可以活化释放土壤固定的氮、磷、钾来促进玉米生长,而且能减少化肥施入,保护土壤生态安全。从玉米施用微生物肥降本增效作用来分析,本研究在榆林靖边地区采用膜下滴灌施用微生物肥相较于传统种植方法施用化肥等农资成本降低 45.0 元/667 m<sup>2</sup>,收获产量增加 65.0 kg/667 m<sup>2</sup>,综合收益增加 204.5 元/667 m<sup>2</sup>,3 个核心指标均达到显著水平。前人研究表明,微生物肥施用不但能显著促进化肥利用率,还能大幅度降低化肥继续投入<sup>[12]</sup>。本研究采用微生物肥替代一部分化肥的试验方案,在农资成本上实现了显著节约 11.2%,在收获产量上实现了比 CK 显著增产 9.5%,效益上比 CK 显著增加 13.0%。与前人的研究<sup>[11-12]</sup>相比,本试验更注重了施用微生物肥降低农资成本和提高最终玉米收获效益。因此,在今后的玉米种植生产过程中,我们要重视微生物肥的科学施用,逐步降低化肥施用量,保护修复耕地,又能达到增产增效之目的。

最后,需要说明的是,玉米品种的产量和品质表现不仅取决于施肥品种这些因素,还受到气候条件、环境因素和栽培管理措施等多重因素的影响。因此,本次结果尚需通过多年多点试验且更深入的研究加以验证,后续计划重点研究微生物肥在不同栽培技术措施和播种时期对各玉米品种产量及品质的影响规律,为当地玉米种植结构调整和产业供给侧改革提供更加科学、全面的理论依据。

### 4 结论

微生物肥较传统化肥施用能显著增加玉米株高、茎粗生长速度,说明微生物肥的施用可以促进玉米植株的营养生长,能搭好玉米丰产架子。此外,施用微生物肥也能够显著降低种植成本,提高玉米收获产量与种植效益。

#### 参考文献:

- [1] 崔爱民,张久刚,张 虎,等.我国玉米生产现状及发展变革[J].中国农业科技导报,2020,22(7):10-19.
- [2] 宋振伟,齐 华,张振平,等.春玉米中单 909 农艺性状和产量对密植的响应及其在东北不同区域的差异[J].作物学报,2012,38(12):2267-2277.
- [3] 李含婷,柴 强,胡发龙,等.间作绿肥弥补减施氮肥引起的玉米产量损失[J].植物营养与肥料学报,2022,28(7):1329-1340.
- [4] 王昌亮,张国合,常建智,等.黄淮海子粒收获玉米对种植密度的响应[J].玉米科学,2023,31(4):99-107.
- [5] 焦智辉,陈桂平,范 虹,等.绿洲灌区密植减量施氮玉米的水分利用特征[J].中国农业科学,2023,56(16):3088-3099.
- [6] 李乾川,许世卫,张永恩,等.基于气象因素的玉米单产堆栈集成学习建模与预测[J].中国农业科学,2024,57(4):679-697.
- [7] 陈志君,朱振闯,孙仕军,等. Stacking 集成模型模拟膜下滴灌玉米逐日蒸散量和作物系数[J].农业工程学报,2021,37(5):95-104.
- [8] 侯梁宇,张镇涛,黄兆福,等.通过种植制度改革实现黄淮海北部地区玉米机械籽粒直收[J].中国农业科学,2023,56(19):3788-3798.
- [9] 郑 伟,边丽梅,董 喆,等.不同种植密度对玉米品种产量形成及生长发育特性的影响[J].陕西农业科学,2021,67(8):52-55.
- [10] 周宝元,孙雪芳,丁在松,等.土壤耕作和施肥方式对夏玉米干物质积累与产量的影响[J].中国农业科学,2017,50(11):2129-2140.
- [11] 赵凯男,丁 豪,刘阿康,等.氮肥减量后移改善植株光合特性提高麦-玉周年产量及经济效益[J].中国农业科学,2024,57(5):868-884.
- [12] HU C L,SADRASV O,LU G Y. A global meta-analysis of split nitrogen application for improved wheat yield and grain protein content[J]. Soil and Tillage Research,2021,213:105111.

(下转第 56 页)

郭园园,田香伟,李青燕,等. 高产、稳产小麦新品种昌麦 169 的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):52-56(2025-08-22).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.008.

# 高产、稳产小麦新品种昌麦 169 的选育及栽培技术

郭园园,田香伟,李青燕,张慧敏,张 萌,赵 飞,张存利\*

(许昌市农业科学院,河南 许昌 461100)

**摘要:**昌麦 169 是许昌市农业科学院小麦课题组以许科 718 为母本、自选第 5 代品系(周麦 16/ 良星 99)为父本通过有性杂交后采用系谱法选育出的高产、稳产小麦新品种,具有抗病害、抗寒、耐旱、籽粒饱满的特性。昌麦 169 产量三要素较协调,有效穗数 561 万~595 万穗/hm<sup>2</sup>,穗粒数 35.3~37.1 粒/穗,千粒质量 43.9~45.8 g。该品种连续 2 年参加河南省创新战略联盟联合体区域试验,平均产量为 7 857.0 kg/hm<sup>2</sup>,较对照百农 207 增产 6.36%。2022 年昌麦 169 参加生产试验,平均产量 8 838.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照百农 207 增产 7.30%,增产点率为 100.0%。该品种已于 2023 年 7 月通过河南省农作物品种审定委员会审定(审定编号:豫审麦 20230102)。本文介绍了昌麦 169 的选育过程、特征特性等,并从种子处理、精细整地、科学灌溉施肥等方面总结了配套的栽培技术,以期为该品种的示范推广提供参考。

**关键词:**小麦;昌麦 169;选育过程;栽培技术

**中图分类号:**S512.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20250046

普通小麦作为异源六倍体作物,是人类最早驯化的粮食作物<sup>[1]</sup>,其基因组演化历程研究表明,该物种由四倍体小麦(AABB)与节节麦(DD)通过自然杂交及染色体加倍形成<sup>[2]</sup>。2018 年小麦研究取得突破性进展,六倍体小麦完整基因组图谱(16Gb)的绘制标志着基因组信息体系的完善,同年中国农业科学院完成 5 000 余个小麦品种的高精度基因组测序,为分子设计育种奠定了数据基础<sup>[3-4]</sup>。最新研究显示,长期人工定向选育已使现代小麦品种遗传多样性损失显著,降低至少 60%,当前核心种质资源存在遗传背景狭窄、品种单一化等特征,致使新品种选育出现显著同质化倾向<sup>[5]</sup>。上述研究揭示了小麦遗传改良进程中遗传基础越来越单一,这可能造成基因损失风险。因此,未来育种工作需在保持优良性状的同时注重拓宽遗传多样性。

小麦是世界范围内广泛种植的主要粮食作物,在我国,河南省占据着重要的小麦产区地位,常年播种面积在 530 万 hm<sup>2</sup> 以上,总产约占全国的 1/4,在保障国家粮食安全、稳定社会经济中发挥着重要

作用。种子是农业的“芯片”,是决定粮食产量、品质的关键因素,河南省深入贯彻落实“藏粮于地”和“藏粮于技”战略,稳步提升小麦产能<sup>[6]</sup>。受人口规模压力以及耕地资源约束,要求小麦育种持续挖掘品种增产潜力、提升单产水平,以保障粮食安全。全球气候变化导致气温波动、降水异常及极端天气事件频发,温度异常导致小麦生长发育失调,降水模式改变引发旱涝灾害,日益频发的极端天气对种子质量构成威胁,选育兼具高产、稳产及强抗逆性的优良小麦新品种显得尤为关键<sup>[7]</sup>。

## 1 昌麦 169 的选育

### 1.1 选育思路

许昌市农业科学院小麦课题组在选育该品种过程中注重高产、稳产、综合抗病能力较强,及半冬性、中早熟等重要性状的有机结合,在稳定穗粒数的基础上,注重增加穗数,提高千粒质量,把亲本的优点聚合在一个新的品系上。经过多年的单株选择,最终选育出涵盖抗病害、抗寒、耐旱能力强且籽粒饱满的小麦新品种——昌麦 169。

### 1.2 选育方法

昌麦 169 由许昌市农业科学院小麦课题组利用许科 718 作为母本,与自育的第 5 代品系(周麦 16/ 良星 99)作为父本进行有性杂交,并通过系谱法

收稿日期:2025-04-30;修回日期:2025-08-21。

基金项目:河南省中央引导地方科技发展资金项目(Z20231811095)。

作者简介:郭园园(1995—),女,硕士,研究实习员,主要从事小麦育种工作。Email: 3066651475@qq.com。

\* 通信作者:张存利(1972—),男,高级农艺师,主要从事小麦品种选育与技术推广工作。Email: zcl3528@126.com。

连续单株选择培育而成。

### 1.3 亲本来源

母本:许科 718,是河南省许科种业有限公司以周麦 13 号为母本、漯麦 4 号为父本杂交选育而成的小麦品种,该品种平均生育期 225.4 d,株高 81.9 cm,幼苗半匍匐,苗期叶片宽长,苗壮;茎秆粗壮,有弹性,抗倒伏能力强;中抗叶锈病、纹枯病和叶枯病。

父本:自选 F<sub>5</sub> 品系(周麦 16/ 良星 99),该品系平均生育期 221.5 d,株高 80.0 cm,幼苗半匍匐,叶色深绿,苗壮,株型紧凑,旗叶上举,茎秆粗壮,有弹性,抗倒伏能力较强,中抗条锈病、白粉病。

### 1.4 选育过程

2011 年以许科 718 作母本,自选品系(周麦 16/ 良星 99) 第 5 代作父本杂交,2011—2012 年度,播种杂种 F<sub>1</sub>,行号 1Y11,株、行距分别为 10、30 cm,行长 2 m,2 行,播种 68 株,田间表现杂种优势明显,抗病,收获考种。2012—2013 年度,人工点播 F<sub>2</sub>,行号 2Y2407,株、行距分别为 10、30 cm,行长 3 m,

40 行,播种 1 200 株,选择收获考种留取 35 个单株。2013—2014 年度,播种 F<sub>3</sub>,其中 2011(168)-0-3 株系优良,选择 5 个单株。2014—2015 年度,播种 F<sub>4</sub>,2011(168)-0-3-3 株系表现整齐一致,早熟,选择 10 个单株。2015—2016 年,继续选择,对 2011(168)-0-3-3-6 株系一边选择,一边混收测产。2016—2017 年,2011(168)-0-3-3-6 在产量比较试验中比对照周麦 18 增产 6.7%,综合表现突出,抗病早熟,定名昌麦 24(2022 年 12 月,更名为昌麦 169)参加多点试验。2017—2018 年区域试验,该品种在许昌市农业科学院组织的多点试验中平均产量 509.9 kg/667 m<sup>2</sup>,比对照周麦 18 增产 7.9%。2018—2019 年度,在河南省小麦产业技术创新战略联盟联合体组织的新品种比较试验中,该品种平均产量 603.3 kg/667 m<sup>2</sup>,比对照百农 207 增产 10.99%,基于 14 个试验点汇总结果,增产点率 100%,居联合体品比 27 个参试品种的第 1 位。具体选育过程见表 1。

表 1 昌麦 169 选育程序

年份	选育试验阶段	选育试验结果
2010—2011	许科 718 × (周麦 16/ 良星 99)	收获杂交种子 F <sub>1</sub>
2011—2012	后代系选	收获杂交种子 F <sub>2</sub>
2012—2013	后代系选	收获杂交种子 F <sub>3</sub>
2013—2014	后代系选	收获杂交种子 F <sub>4</sub>
2014—2015	后代系选	收获 F <sub>5</sub> 优良株系
2015—2016	品系鉴定	选优株收获
2016—2017	品比试验	产量突出
2017—2018	参加单位组织的多点区域试验	比对照增产
2018—2019	参加河南省联合体比较试验	表现突出,进入区域试验
2019—2020	参加河南省联合体区域试验	比对照增产,进入第 2 年区域试验
2020—2021	参加河南省联合体第 2 年区域试验和生产试验	均比对照增产
2023	—	通过审定

## 2 昌麦 169 特征特性

### 2.1 植物学特性

昌麦 169(原名昌麦 24)属半冬性晚熟品系,全生育期 219.1 ~ 223.0 d,成熟期比对照品种百农 207 早 0.2 ~ 0.6 d。该品种幼苗半匍匐,叶片窄短,上举,叶色深绿,春季返青较晚,拔节较快;株高 76.7 ~ 82.7 cm,表现为松散株型,旗叶短宽且上举,穗下节较长。该品种茎秆具备中等弹性,抗倒伏能力中等,成穗数

量较多;穗型为纺锤状,具有长芒,颖壳白色;籽粒呈白色,质地半角质,饱满度较佳,黑胚率 0.3% ~ 1.0%,容重 809.8 ~ 822.9 g/L。产量三要素较协调,昌麦 169 有效穗数 561 万 ~ 595 万穗 /hm<sup>2</sup>,穗粒数 35.3 ~ 37.1 粒 / 穗,千粒质量 43.9 ~ 45.8 g。

### 2.2 品质特征

2020、2021 年由农业农村部农产品质量监督检测测试中心(郑州)对参试品种品质进行检测,昌麦 169 粗蛋白含量(质量分数,下同)分别为 13.9%、

13.7%,容重分别为 819.0、809.8 g/L,湿面筋含量分别为 31.7%、30.6%,吸水率分别为 589、593 mL/kg,稳

定时间分别为 16.5、5.0 min,拉伸面积分别为 137、155 cm<sup>2</sup>,最大拉伸阻力分别为 575、301 E.U.(表 2)。

表 2 昌麦 169 品质分析

年份	粗蛋白(干基) 含量 / %	容重 / (g/L)	湿面筋含量 / %	吸水率 / (mL/kg)	稳定时间 / min	拉伸面积 / cm <sup>2</sup>	最大拉伸阻力 / E.U.
2020	13.9	819.0	31.7	589	16.5	137	575
2021	13.7	809.8	30.6	593	5.0	155	301

### 2.3 抗病特性

2019—2020 年河南省小麦创新战略联盟进行接种抗病鉴定:昌麦 169 中感条锈病、白粉病和纹枯病,高感叶锈病和赤霉病。

## 3 昌麦 169 产量表现

### 3.1 区域试验

2019—2020 年度:昌麦 169 参加河南省小麦产业技术创新战略联盟联合体区域试验,14 个试验点的汇总数据显示,增产点率为 92.9%,在 14 个参试

品种中排名第 7 位(表 3)。

2020—2021 年度:昌麦 169 继续参加区域试验,平均产量为 7 753.5 kg/hm<sup>2</sup>,较对照百农 207 增产 5.00%,增产点率为 85.7%,在 14 个参试品种中排名第 10 位(表 3)。

### 3.2 生产试验

2021—2022 年度:昌麦 169 在后续的生产试验阶段,14 个试验点全部实现增产,增产点率为 100.0%。平均产量达到 8 838.0 kg/hm<sup>2</sup>,比对照百农 207 增产 7.30%,在 9 个参试品种中位居第 3 名(表 3)。

表 3 昌麦 169 区域试验产量

年度	试验类型	平均产量 / (kg/hm <sup>2</sup> )	较对照增 / %	产量位次
2019—2020	河南省冬水组区域试验(第 1 年)	7 960.5	7.71	7/14
2020—2021	河南省冬水组区域试验(第 2 年)	7 753.5	5.00	10/14
2021—2022	河南省冬水组生产试验	8 838.0	7.30	3/9

## 4 昌麦 169 高产高效栽培要点

### 4.1 种子处理

播种前 2~3 d,晾晒种子,促进种子后熟,为种子萌发提供足够的营养物质,确保苗齐苗壮。晾晒后用 50%辛硫磷乳油拌种,或者选取适宜的种衣剂拌种,以提高种子发芽率,有效防止金针虫、蝼蛄等害虫对小麦种子的破坏。

### 4.2 精细整地

在播种前要平整土地,对耕地深翻 2~3 次,深度 20~30 cm,在粉碎秸秆和掩埋肥料的同时,提高土壤保墒性,增加土层活性。深耕以后还要将土壤耙平,达到上虚下实,确保出苗整齐,利于扎根。

### 4.3 合理密植

播期:昌麦 169 适于早中茬种植,适宜播期为 10 月 10—25 日。

播量:昌麦 169 在适宜播期内,播量 10.0~12.5 kg/667 m<sup>2</sup>,基本苗数控制在 300 万~375 万株 /hm<sup>2</sup>,若遇晚播或土壤肥力较低的情况,应酌情增加播种量。

### 4.4 科学灌溉施肥

合理施肥。在肥料施用,应根据不同肥力状况,实施测土配方。摸清基础肥力,因地制宜地确定肥料的种类、数量和时期。应重视施足基肥,施基肥量要占到总施肥量的 60%左右,确保小麦早发,添加适量氮肥、磷肥、钾肥(施尿素 180~225 kg/hm<sup>2</sup>、磷酸二铵 300 kg/hm<sup>2</sup>、氯化钾 150 kg/hm<sup>2</sup>),整地时施入。小麦拔节期对氮肥需求较多,此时一般施尿素、碳酸氢铵等氮肥,标准氮肥用量为 400~500 kg/hm<sup>2</sup>,有利于穗数的形成和粒数的增加,提升产量。后期补施叶面肥,施尿素 7.5 kg/hm<sup>2</sup>+ 磷酸二氢钾 4 500 g/hm<sup>2</sup>,延长小麦灌浆时间。

#### 4.5 水分管理

播种前要浇足底墒水,足墒播种,确保齐苗。返青时土壤干旱缺水要及时浇返青水,孕穗期要保证水分充足。冬春注意保持沟系畅通,达到灌排顺畅。雨水较多时,及时进行田间排水,防渍害。后期浇水严禁采用大水漫灌的方式,大风天气不要浇水,注意防止小麦倒伏。

#### 4.6 病虫害防治

及时除草。除草以杂草3~5叶期、返青至拔节前,实施药物防除效果为佳,除早除净,避免杂草生长过快阻碍小麦生长。

病虫害防治应以“预防为主,综合防治”为基本原则。采用合理的轮作方式,防治土壤传播的病害。播种前,种子包衣、药剂拌种,防治小麦锈病、根腐病、全蚀病、地下害虫等病虫害。建议越冬前喷施药剂防治纹枯病,抽穗期至灌浆期结合“一喷三防”防治赤霉病、白粉病、麦蚜虫等,灌浆后期注意预防叶锈病、防治蚜虫,要及早发现、彻底防治<sup>8)</sup>。

#### 4.7 适时收获

小麦收割时机应根据作业方式灵活调整:人工收割宜选择蜡熟末期进行,机械作业宜推迟至完熟期实施。若遭遇持续阴雨气象条件,农户应及时启动抢救预案,优先采取机械化收割手段,有效规避籽粒霉变等烂场雨危害,确保颗粒归仓。

### 5 结束语

昌麦169新品种的选育及配套栽培技术创新,是小麦育种领域针对抗逆性、丰产性和适应性协同提升的探索性实践。许昌市农业科学院长期致力于

小麦育种攻关,已育成昌麦系列、许麦系列新品种15个,进入国家及省级区域试验品种15个,累计承担各级试验20余项,为粮食主产区品种更新提供了扎实技术支撑。未来需进一步加强良种良法配套示范推广,深化种质资源创新与栽培模式优化的协同研究,为保障粮食安全、促进农民增收和农业绿色可持续发展注入新动能。

#### 参考文献:

- [1] TACK J, BARKLEY A, NALLEY L L. Effect of warming temperatures on US wheat yields[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2015, 112(22): 6931–6936.
- [2] 张连全. 小麦异源六倍化过程及其在遗传育种中的应用[D]. 雅安: 四川农业大学, 2007: 1–2.
- [3] ZHAO G Y, ZOU C, LI K, et al. The *Aegilops tauschii* genome reveals multiple impacts of transposons[J]. *Nature Plants*, 2017, 3(12): 946–955.
- [4] LING H Q, MA B, SHI X L, et al. Genome sequence of the progenitor of wheat A subgenome *Triticum Urartu*[J]. *Nature*, 2018, 557(7705): 424–428.
- [5] CHENG S F, FENG C, WINGEN L U, et al. Harnessing landrace diversity empowers wheat breeding[J]. *Nature*, 2024, 632: 823–831.
- [6] 李青燕, 张存利, 郭园园, 等. 高产稳产小麦新品种许麦1706的选育及配套栽培技术[J]. *大麦与谷类科学*, 2024, 41(4): 52–55.
- [7] 王树军, 王 蕾, 王艳明. 气候变化对小麦良种繁育的影响及应对策略研究[J]. *农业开发与装备*, 2024(12): 163–165.
- [8] 陈军杰, 郭园园, 李青燕, 等. 高产、稳产小麦新品种许麦1708选育及栽培技术[J]. *种子科技*, 2024, 42(8): 30–32, 48.

## Breeding and Cultivation Techniques of New Wheat Variety Changmai 169 with High and Stable Yield

GUO Yuanyuan, TIAN Xiangwei, LI Qingyan, ZHANG Huimin, ZHANG Meng, ZHAO Fei, ZHANG Cunli  
(Xuchang Academy of Agricultural Sciences, Xuchang 461100, China)

**Abstract:** Changmai 169 is a new wheat variety with high and stable yield, which was bred by the Wheat Research Group of Xuchang Academy of Agricultural Sciences through pedigree method with Xuke 718 as maternal parent and the self-selected F<sub>3</sub> generation line (Zhoumai 16/Liangxing 99) as paternal parent. It has the characteristics of disease resistance, cold resistance, drought tolerance and full grain. The three key factors for the yield of Changmai 169 are relatively coordinated. The number of effective ears per hectare is 5.61~5.95 million, the number of grains per ear is 35.3~37.1, and the thousand-grain weight is 43.9~45.8 g. For two consecutive years, it participated in the regional trials of the Henan Province Innovation Strategy Alliance Consortium, with an average yield of 7 857.0 kg/hm<sup>2</sup>, which was 6.36% higher than the control Bainong 207 on average. In the production trial of 2022, the average yield was 8 838.0 kg/hm<sup>2</sup>,

which was 7.30% higher than the control Bainong 207, with a 100.0% increase rate. In July 2023, it was approved by Henan Provincial Crop Variety Certification Committee (Approval number:Yushenmai 20230102). This paper introduces the selection process and characteristics of Changmai 169, and summarizes the supporting cultivation techniques including seed treatment, fine ground preparation, scientific irrigation and fertilization, in order to provide reference for the demonstration and promotion of this variety.

**Key Words:** Wheat; Changmai 169; Breeding process; Cultivation technique

(上接第 51 页)

## Experiment on Cost Reduction and Efficiency Improvement of Applying Microbial Fertilizer to Corn Under Mulched Drip Irrigation

YIN Yongan, MA Junqi, HAN Nian, CHANG Jiale, WANG Jianbin, ZHAO Huajie, ZHANG Siyi  
(Yangling Digital Agriculture Technology Co., Ltd., Yangling 712100, China)

**Abstract:** In response to the problems of excessive application of chemical fertilizers, increased planting costs, soil compaction, soil pollution, and low yield in corn cultivation in Yulin, Shaanxi Province, a cost reduction and efficiency improvement experiment was conducted using corn microbial fertilizers. Through comparative analysis of the agricultural traits and harvest yield of maize after application of composite microbial fertilizers (*Bacillus subtilis*, beneficial microorganisms, EM bacteria) with traditional conventional chemical fertilizers, the results showed that the composite microbial fertilizers increased maize plant height by 19.5%, stem diameter by 10.4%, and leaf size by 1 leaf per plant at the grain filling stage compared to traditional conventional chemical fertilizers. Secondly, the composite microbial fertilizer has a significant effect on cost reduction and efficiency improvement compared to conventional fertilization, with a cost reduction of 11.2%, a yield increase of 9.5%, and a comprehensive income increase of 13.0%. All three indicators have reached a significant level ( $P < 0.05$ ).

**Key Words:** Corn; Mulched drip irrigation; Microbial fertilizer; Cost reduction; Efficiency improvement

## 欢迎订阅 2026 年《农业科技通讯》杂志

农业农村部主管 中国农业科学院主办

国家新闻广电总局认定的第一批学术期刊(2014)

刊号:ISSN1000-6400 CN11-2395/S

邮发代号:2-602 月刊 每月 17 日出版

单价:30.00 元 全年:360.00 元

全国各地邮局及本刊编辑部均可订阅

荟萃科技成果

展示优良品种

聚合实用技术



本刊及时报道种植业研究成果,尤其是种子方面的新品种、新技术。侧重大田,兼顾园艺。是种植业者优选刊物。

主要栏目有专题论述、试验研究、粮食作物、经济作物、蔬菜、果树、西甜瓜、林木花卉等。内容丰富翔实、信息量大、技术实用。

地址:100081 北京市海淀区中关村南大街 12 号《农业科技通讯》编辑部

电话:010-82109665 82109664 82106276

E-mail:tongxun@caas.cn

陈家彬,张英,贺兵,等. 优质、高产、耐高温三系杂交水稻新品种宜优 8111 的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5): 57-60,65(2025-09-26). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.009>.

# 优质、高产、耐高温三系杂交水稻新品种宜优 8111 的选育及栽培技术

陈家彬,张英,贺兵,姜方洪,韩冬,李恒进,詹映红,赵德明,王峰,邬相宏,张杰,江青山\*  
(宜宾市农业科学院,四川宜宾 644600)

**摘要:** 宜优 8111 是宜宾市农业科学院利用自主选育不育系宜香 1A 与恢复系宜恢 8111 配组育成的中粳迟熟高产优质耐高温三系杂交水稻新品种。该品种区域试验平均产量 8 736.30 kg/hm<sup>2</sup>, 比对照宜香优 2115 增产 4.92%, 米质达到 NY/T 593—2013《食用稻品种品质》标准 2 级, 耐高温等级 3 级, 2025 年 2 月通过四川省水稻新品种审定(审定编号:川审稻 20240011), 适宜四川省海拔 800 m 以下的平坝丘陵地区种植(不含攀西生态区)。

**关键词:** 宜香 1A; 宜恢 8111; 宜优 8111; 选育

**中图分类号:** S511

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1673-6486-20250052

水稻是我国主要粮食作物之一,也是重要口粮作物,我国约 60%的人口以大米为主食<sup>[1-2]</sup>。2024 年我国水稻种植面积 2 900.7 万 hm<sup>2</sup>, 产量 7 155.0 kg/hm<sup>2</sup>, 再创历史新高,总产量连续 14 年稳定在 2 亿 t 以上<sup>[3]</sup>。我国水稻主要种植常规稻和杂交稻,杂交稻应用从 20 世纪 70 年代开始,年种植面积占全国稻作面积的 52%,占稻谷总产的 60%以上<sup>[4-5]</sup>。极端天气增多,现已成为限制水稻产量与品质的重要因素之一,针对水稻高温热害,我国育种家选育了泸恢 107<sup>[6]</sup>、R203<sup>[7]</sup>、T22<sup>[8]</sup>等耐高温材料和荃优 607<sup>[9]</sup>、荃优华占<sup>[10]</sup>等优质高产耐高温水稻品种,对确保我国粮食安全做出了重要贡献。

宜香 1A 是宜宾市农业科学院选育的水稻高产优质香型三系不育系,所配组合表现出丰产性好、米质优、抗病性较强、适应性广等优点<sup>[11]</sup>。目前为止,累计通过以宜香优 2115<sup>[12]</sup>、宜优 673<sup>[13]</sup>、渝香 203<sup>[14]</sup>和宜香 4245<sup>[15]</sup>等品种为代表的 125 个宜香系列品种的

各级审定,实现了杂交稻产量与优质的有机结合。宜香优 2115、宜香 4245 和宜优 673 被农业农村部认定为超级杂交稻品种,3 个品种被优选为国家和省级区域试验的对照品种,其中:宜香优 2115 被优选为长江上游中粳迟熟区域试验和四川省迟熟组区域试验对照品种;宜优 673 被优选为福建省晚稻迟熟组、晚稻特种稻组、晚稻香稻组区域试验对照品种;渝香 203 被优选为重庆市中粳迟熟组区域试验对照品种。宜香系列代表性品种宜香优 2115 在长江上游杂交稻推广面积连续多年保持第一。利用四川省宜宾市 7—8 月长时间的高温天气,宜宾市农业科学院结合宜香 1A 的优异特性,选育出高产、优质、耐高温三系杂交稻新品种宜优 8111,该品种在产量高、米质优的基础上,耐高温能力较强,耐高温等级为 3 级,在水稻耐高温类型中属于较强耐高温类型。

## 1 宜优 8111 选育过程

### 1.1 宜香 1A 的选育

宜香 1A 是用水稻三系不育系 D44A 作母本, D44B 和 N542 杂交的第 3 代选株作父本,综合应用高温胁迫、多生态选择、配合力测定等技术,协调了大粒与低垩白的矛盾,并连续回交育成的优质香型水稻三系不育系。该不育系不育株率和花粉败育度均为 100%,实现了三系不育系品质和产量配合力的同步改良,开创了利用云南香稻软米资源培育香

收稿日期:2025-05-13;修回日期:2025-07-01。

基金项目:引领性水稻育种材料和方法创新及新品种选育(2021YFYZ0016);国家水稻产业技术体系(CARS-01-78);四川省“十四五”生物育种重大科技专项(2022ZDZX0016);宜宾市领军人才专家工作站。

作者简介:陈家彬(1981—),男,硕士,副研究员,主要从事水稻遗传与育种工作,Email: jiabin1981@163.com;张英(1968—),女,主要从事科研管理和水稻品种示范推广工作,Email: 1346504110@qq.com。张英为共同第一作者。

\* 通信作者:江青山(1971—),男,硕士,研究员,主要从事水稻遗传与育种工作。Email: jqs1313@126.com。

型三系不育系的育种途径,2000年通过四川省田间技术鉴定。

1.2 宜恢 8111 的选育

宜恢 8111 是 2011 年夏季以抗病恢复系内恢 99-14 作母本,与生育期适中、结实率高和分蘖力强的自主选育恢复系中间材料 R1509(成恢 727/ 宜恢 1577) 杂交,经宜宾、海南和雅安逐代选育而成。2015 年夏季在宜宾种植 F<sub>8</sub> 并测配组合,进行恢复力和配合力鉴定,同时在雅安稻瘟病区进行抗性鉴定,

其中 8111 株系抗病性强、品质优、叶型好和组合优势强,遂将该株系定名为宜恢 8111,2023 年通过四川省田间技术鉴定。

1.3 宜优 8111 的选育

宜优 8111 是宜宾市农业科学院用自主选育不育系“宜香 1A”与恢复系“宜恢 8111”组配而成的三系杂交稻新品种,2025 年 2 月通过四川省水稻品种审定委员会审定(审定编号:川审稻 20240011),其选育过程见图 1。

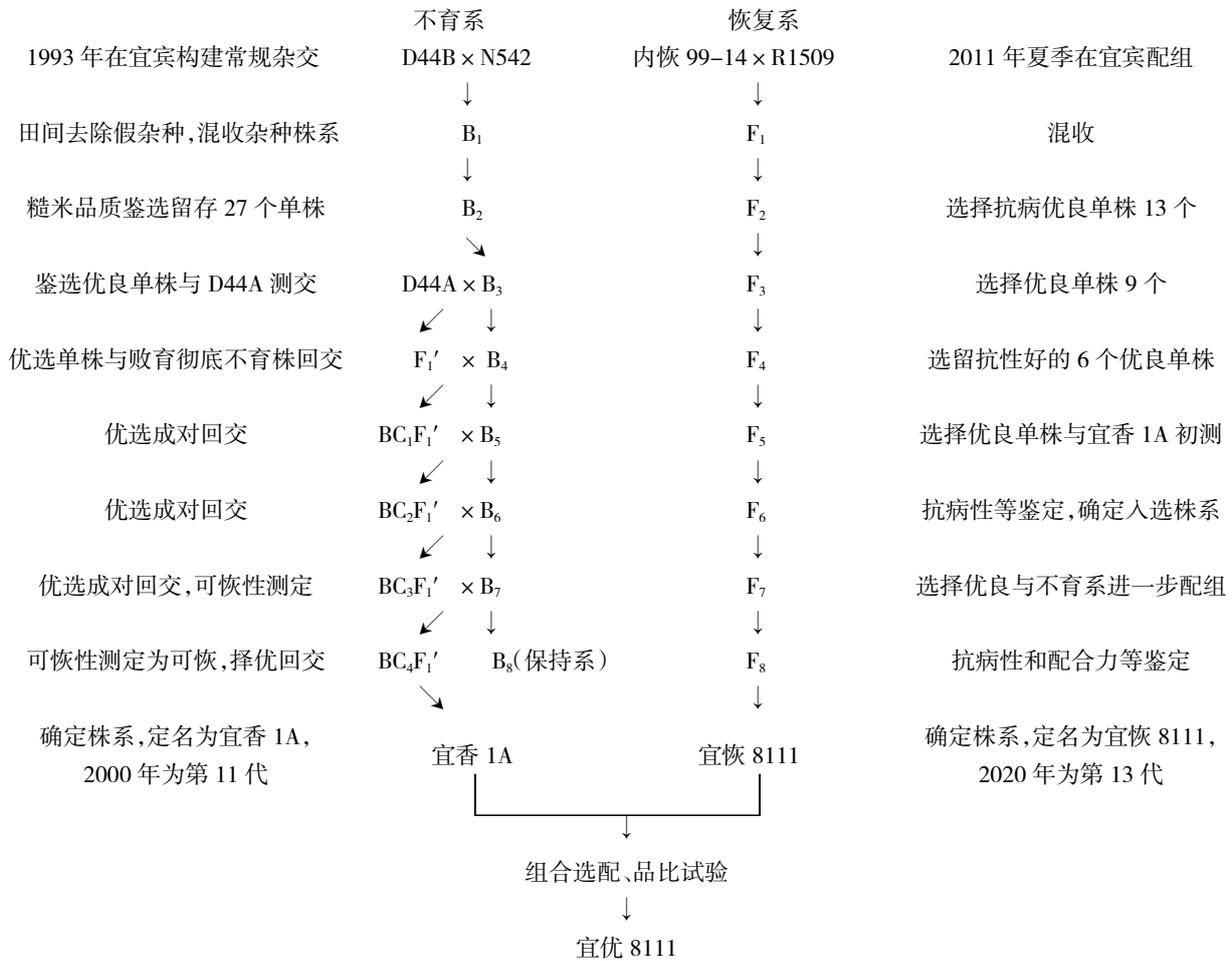


图 1 宜优 8111 的选育流程图

2 宜优 8111 特征特性

2.1 农艺性状

宜优 8111 基部叶鞘绿色,倒 2 叶叶片、叶耳和茎秆节花青甙无显色。2 年区域试验结果:该品种全生育期平均 151.3 d,比对照宜香优 2115 晚熟 0.2 d,株高 126.7 cm,有效穗数 222.0 万穗 /hm<sup>2</sup>,穗长 27.3 cm,每穗着粒 158.5 粒,结实率 86.3%,千粒质量 30.3 g (表 1)。

2.2 米质分析

经农业部稻米及制品质量监督检验测试中心(杭州)测定,宜优 8111 品质为糙米率 80%,整精米率 62.8%,垩白度 2.9%,透明度 1 级,碱消值 7 级,胶稠度 68 mm,直链淀粉质量分数 15.4%,粒长 7.3 mm,精米率 72.2%,长宽比 3.1,垩白粒率 16%,米质达到 NY/T 593—2013《食用稻品种品质》标准 2 级。

2.3 稻瘟病抗性鉴定

在 2021—2022 年四川省水稻区域试验中,经四川省农业科学院植物保护研究所在四川省资中

市、雅安市、营山县和浦江县 4 个点稻瘟病抗性鉴定,宜优 8111 稻瘟病抗性鉴定表现为感稻瘟病,其中叶瘟 3—9 级,颈瘟 3—7 级(表 2)。

表 1 宜优 8111 农艺性状

区域试验	生育期 / d	生育期比对照增 / d	株高 / cm	有效穗数 / (万穗 / hm <sup>2</sup> )	穗长 / cm	穗粒数 / (粒 / 穗)	结实率 / %	千粒质量 / g
2021 年	152.7	-0.1	123.8	220.5	26.9	157.3	87.9	30.7
2022 年	149.9	0.5	129.6	223.5	27.7	159.7	84.6	29.9
平均	151.3	0.2	126.7	222.0	27.3	158.5	86.3	30.3

注:对照为宜香优 2115。

表 2 宜优 8111 稻瘟病抗性鉴定

年份	资中市		营山县		浦江县		雅安市	
	叶瘟病 / 级	颈瘟病 / 级						
2021	5	3	3	3	3	3	8	7
2022	4	5	5	5	4	5	9	7

注:叶瘟抗性鉴定分级标准:0 级,无病;1 级,针头大小的褐点;2 级,褐点较大,直径小于 1 mm;3 级,圆形至椭圆形灰色病斑,直径 1~2 mm;4 级,典型病斑,为害叶面积小于 2.0%;5 级,典型病斑,为害叶面积 2.1%~10.0%;6 级,典型病斑,为害叶面积 10.1%~25.0%;7 级,典型病斑,为害叶面积 25.1%~50.0%;8 级,典型病斑,为害叶面积 50.1%~75.0%;9 级,典型病斑,为害叶面积大于 75.0%。颈瘟抗性鉴定分级标准:0 级,无病;1 级,病穗率低于 5.0%;3 级,病穗率在 5.0%~10.0%;5 级,病穗率在 10.1%~25.0%;7 级,病穗率在 25.1%~50.0%;9 级,病穗率在 50.1%~100.0%。

2.4 耐高温鉴定

在四川省农业科学院作物研究所 2022 年四川省区域试验品种耐高温(最高温 39℃)鉴定中,经耐高温鉴定处理 24 h,不耐热对照品种 F 优 498 的结

实率为 30.04%,相对结实率为 46.91%,宜优 8111 的结实率为 69.22%,相对结实率为 80.05%(表 3),耐高温等级为 3 级。

表 3 宜优 8111 耐高温鉴定

名称	正常温度结实率 / %	高温鉴定处理 24 h	
		结实率 / %	相对结实率 / %
宜优 8111	86.47	69.22	80.05
F 优 498(不耐热对照)	64.03	30.04	46.91

注:相对结实率 = 高温鉴定处理 24 h 结实率 / 正常温度结实率 × 100%。水稻耐高温分级标准(高温处理 24 h):1 级,耐高温相对结实率 ≥ 90%;3 级,90% > 耐高温相对结实率 ≥ 80%;5 级,80% > 耐高温相对结实率 ≥ 70%;7 级,70% > 耐高温相对结实率 ≥ 60%;9 级,耐高温相对结实率 < 60%。

3 宜优 8111 产量表现

宜优 8111 参加 2021 年四川省水稻迟熟组区域试验(表 4),平均产量 8 791.05 kg/hm<sup>2</sup>,比对照宜香优 2115 增产 4.68%。2022 年续试,宜优 8111 平均产

量 8 681.55 kg/hm<sup>2</sup>,比对照宜香优 2115 增产 5.16%。2 年区域试验该品种的平均产量 8 736.30 kg/hm<sup>2</sup>,比对照宜香优 2115 增产 4.92%。2022 年参加生产试验,该品种平均产量 8 871.75 kg/hm<sup>2</sup>,比对照宜香优 2115 增产 6.07%。

表4 宜优8111的产量表现

试验类别	平均产量/(kg/hm <sup>2</sup> )	比对照增产/%
2021年区域试验	8 791.05	4.68
2022年区域试验	8 681.55	5.16
2年平均	8 736.30	4.92
2022年生产试验	8 871.75	6.07

注:对照为宜香优2115。

#### 4 宜优8111栽培技术要点

##### 4.1 适时播种

宜优8111适宜在四川省海拔800 m以下的平坝丘陵地区种植(不含攀西生态区),播期以2月下旬至4月上旬为宜,具体播种时间在当地气温稳定在日平均气温12℃以上时适时播种。播种前晒种12~24 h,用多菌灵等药剂浸种8~12 h,用清水浸泡36~48 h,待漂净、滤干后,保温至露白状态,采用水田地膜湿润育秧或者机插秧。宜优8111水田地膜湿润育秧播种量为秧田播催芽谷120~150 kg/hm<sup>2</sup>,要求移栽大田备稻种12~15 kg/hm<sup>2</sup>;机插秧推荐采用智能化生产流水线钵盘育秧。高温天气要注意膜内温度,当膜内温度超过35℃时,注意揭开膜通风、晾苗,防止高温烧苗。

##### 4.2 及时插秧

秧田经耕翻、平整、碎土后应达到地表干净,上糊下松、寸水不露泥的标准。当气温稳定在15℃以上开始移栽秧苗,移栽苗龄控制在6叶以内。插秧规格推荐宽窄行:(40 cm+20 cm)×20 cm,每穴2株,插秧要达到深浅一致,穴正行直,不丢穴,不漂秧。

##### 4.3 肥水管理

**4.3.1 平衡施肥。**施肥是水稻生产过程中重要的措施之一,有机质、氮、磷、钾必须配合。化学肥料施用宜选用环境友好型肥料,根据肥力水平确定,一般中等肥田参照施纯氮120~150 kg/hm<sup>2</sup>,氮(N)、磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾(K<sub>2</sub>O)质量比为2.0:1.0:1.5,氮肥底、蘖、穗肥按质量比6:2:2进行施肥,磷肥一般全作基肥施用,钾肥底、穗肥质量比为6:4,根据田块肥瘦进行增减,并适量施用硅肥和微量元素肥。分蘖肥在移栽后7~10 d施用,穗粒肥在拔节至破口期施用,锌肥全部作底肥施用。

**4.3.2 水分高效管理。**插秧后,深水护秧,水层2~3 cm,使秧苗1/3左右置于水中,减少叶面蒸腾,促使早返青。秧苗返青后,在水稻整个生长期,于分

蘖期、孕穗期和抽穗期采用浅水灌溉,其他时期以湿润灌溉为主。群体有效穗数达到预期穗数的80%时开始晒田,营养生长过旺的适当重晒田,以增强抗病和抗倒力。

##### 4.4 病虫害防治

病虫害防治坚持“预防为主,综合防治”的原则,在上年秋冬季通过深翻耕并关深水促进稻草、稻桩腐熟,消灭病源、虫源和草源,或者采取水旱轮作方式消除水生杂草、降低土壤有害物质。在水稻移栽前精耕细作,清除田间、田边杂草杂物。着眼水稻质量安全,病虫害通过理化诱控、生物防治等方法防控,在必须施药时,科学选用农药,且在关键时期用药,及时防治螟虫和纹枯病等病虫害。

##### 4.5 及时收获

稻谷成熟收获前,拔除田间粒型、株叶型明显不同的稻株以及杂草。一般有90%的稻谷黄熟时,人工或使用水稻收割机及时收获,可以防止稻米内部的结构发生变化,是优质稻米生产的重要环节。水稻稻谷收获后应及时晾晒,使稻谷含水量低于13.5%,入仓贮存,晒谷时不要在水泥地上以强光高温暴晒,要采用阴干、风干或间歇晒干等方法,可有效防止稻米发生断裂,提高整精米率,有条件可以实行机械烘干。

#### 参考文献:

[1] 何水华,刘伟,王怡,等. 水稻绿色生产技术研究进展[J]. 中国种业,2023(6):25-26,30.  
 [2] 邓伟,张新民. 中国水稻种业发展历程研究[J]. 中国种业,2022(11):1-10.  
 [3] 陈品,徐春春,纪龙,等. 2024年我国水稻产业形势分析及2025年展望[J]. 中国稻米,2025,31(2):1-5.  
 [4] 刘定富,应继锋. 杂交水稻育种的新赛道[J]. 中国种业,2022(2):13-18.  
 [5] 程式华. 论袁隆平杂交水稻国际发展战略[J]. 杂交水稻,2022,37(增刊1):123-127.

(下转第65页)

郝栖贤,周坤能,云 鹏,等. 高产优质中粳糯稻新品种徽粳糯 903 的选育与应用[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):61-65(2025-07-28).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.010.

# 高产优质中粳糯稻新品种徽粳糯 903 的选育与应用

郝栖贤,周坤能,云 鹏,张彩娟,夏加发\*,李泽福\*

(水稻种质创新与分子改良安徽省重点实验室/安徽省农业科学院水稻研究所,安徽 合肥 230031)

**摘要:**徽粳糯 903 是安徽省农业科学院水稻研究所以江苏省中粳中间材料宁 1093 为母本、高产优质抗病糯稻品种镇糯 19 为父本杂交配组,经多年多代系谱法选育而成的高产优质中粳糯稻新品种。该品种具有高产、稳产、优质、株型理想、抗倒伏以及后期熟相好等优点。在 2019—2020 年安徽省水稻区域试验中徽粳糯 903 平均产量达 700.4 kg/667 m<sup>2</sup>,稻米品质达 NY/T 593—2013《食用稻品种品质》标准 3 级及以上,中感稻瘟病、白叶枯病,感稻曲病。该品种于 2022 年通过安徽省农作物品种审定委员会审定(审定编号:皖审稻 20221093),适宜在安徽省及相邻生态区作一季中粳种植。本文着重阐述了徽粳糯 903 的选育经过、品种特征特性以及配套的栽培技术要点,以期为该品种的规模化推广应用提供参考。

**关键词:**糯稻;徽粳糯 903;选育;特征特性;栽培技术

中图分类号:S511

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20250057

糯稻在我国种植历史悠久,其标志性特点在于其胚乳中淀粉以支链淀粉为主(直链淀粉质量分数低于 2%)<sup>[1]</sup>。因黏度大、胶稠度高以及易于存放等,糯稻除供制成粽子、糯米饭和汤圆等传统食物直接食用外,还成为酿酒、制醋以及保健食品的重要加工原料<sup>[2]</sup>。随着农业供给侧改革的深入实施、人们生活水平的改善以及饮食文化的发展变化,糯稻的市场需求量逐渐上升,其种植面积也相应逐步增加<sup>[3]</sup>。以粮食生产大省安徽为例,在粳改粳以及高标准农田建设等政策的推动下,安徽省尤其是沿淮地区的粳糯稻发展迅速,种植面积已逾 10 万 hm<sup>2</sup><sup>[4]</sup>。因此,选育并推广高产优质的糯稻新品种切合市场需求,是增加农民收入的有效渠道之一。

在此背景下,安徽省农业科学院水稻研究所积极响应市场需求,以高产、优质为选育目标,广泛搜集并鉴定相关种质资源,选用江苏省中粳中间材料宁 1093 为母本,以高产、适应性广、优质、抗病的糯

稻品种镇糯 19 为父本<sup>[5]</sup>,经多年多代系谱法选择,于 2018 年育成高产优质中粳糯稻新品种徽粳糯 903,2022 年通过安徽省农作物品种审定委员会审定(审定编号:皖审稻 20221093)。本文重点阐述徽粳糯 903 的选育经过、主要特征特性以及配套高产栽培技术,旨在为该品种的规模化推广应用提供参考依据。

## 1 徽粳糯 903 亲本来源及选育过程

### 1.1 亲本来源

徽粳糯 903 是利用宁 1093 为母本、镇糯 19 为父本杂交,并经系谱法选择育成的中粳糯稻新品种。母本宁 1093 系江苏省中粳中间材料;父本镇糯 19 系江苏省丘陵地区镇江农业科学研究所用武运粳 21 号为母本、武香糯 2402 为父本杂交,并经 7 代选育而成的早熟晚粳糯稻品种<sup>[5]</sup>。

### 1.2 选育过程

2012 年正季,安徽省农业科学院水稻研究所宁 1093 作母本、镇糯 19 作父本杂交,并于当年冬季在海南种植复交 F<sub>1</sub> 组合,混收所有种子。次年夏季在合肥播种 F<sub>2</sub> 群体,共计 3 000 余株,并从中筛选出 38 个优良单株,随后在海南进行冬季加代繁殖。2013—2015 年间,采用一年两代的方式,分别在海南(冬春季)和安徽(夏季)进行系谱法选育,持续择优至 F<sub>6</sub>。2015 年正季将 F<sub>7</sub> 种植成小区并进行鉴

收稿日期:2025-05-22;修回日期:2025-06-27。

基金项目:国家水稻产业技术体系(CARS-01);国家重点研发计划(2021YFD1200500)。

作者简介:郝栖贤(1996—),男,博士,助理研究员,主要从事水稻种质资源的鉴定及新品种培育研究。Email:474859761@qq.com。

\* 通信作者:夏加发(1967—),男,硕士,研究员,主要从事水稻品种资源与遗传改良研究,Email:ah128x@163.com;李泽福(1965—),男,博士,研究员,主要从事水稻遗传育种研究,Email:lizefu@aliyun.com。

定,发现编号 5G218 的株系性状稳定,经测产后在海南开展种子扩繁。2016 年正季的观察试验(13.34 m<sup>2</sup>, 2 次重复)显示,该品系具有高产、抗性强及综合农艺性状突出等特点。2017—2018 年正季,该品系被纳入安徽省农业科学院水稻研究所开展的多点联

合鉴定试验,2019 年起申请参加安徽省徽稻中粳联合体品种区域试验及生产试验(参试品种名称定为徽粳糯 903,详细过程见表 1),均表现出高产、稳产及优质等特性。

表 1 徽粳糯 903 的选育过程

年份及季节	地点	田间编号	世代进程	主要工作内容
2012(正季)	合肥	—	宁 1093/镇糯 19	获得杂交种子 20 余粒
2012(冬季)	海南	12hF3022	F <sub>1</sub>	种植 F <sub>1</sub> ,混收所有种子
2013(正季)	合肥	13GS018	F <sub>2</sub>	种植 F <sub>2</sub> 群体 3 000 余株,并在分离群体中选择 38 个单株
2013—2015	海南、合肥	—	F <sub>3</sub> —F <sub>6</sub>	冬春季在海南、正季在安徽,一年二代按系谱法进行择优选择至 F <sub>6</sub>
2015(正季)	合肥	5G218	F <sub>7</sub>	种植 F <sub>7</sub> 小区并开展鉴定,其中编号为 5G218 的株系表现相对稳定,随后测产并于冬季海南繁种(F <sub>8</sub> )
2016(正季)	合肥	6GY012	F <sub>9</sub>	观察试验(13.34 m <sup>2</sup> ,2 次重复),表现出产量高、抗性好、综合性状优良等特点
2017—2018	多点	7GC02(2017 年)	8GC04(2018 年)	徽粳糯 903

## 2 徽粳糯 903 特征特性

### 2.1 主要农艺性状与形态特征

徽粳糯 903 属中粳糯稻常规品种,植株矮壮,抗倒伏能力强,生长清秀,直立穗且穗型较大,分蘖能力较强,后期转色好。结合 2019、2020 年区域试

验(表 2)显示,徽粳糯 903 平均株高为 96.0 cm,有效穗数为 22.5 万穗/667 m<sup>2</sup>,穗长为 15.8 cm,穗粒数为 137.1 粒/穗,结实率为 91.3%,千粒质量为 26.3 g,全生育期为 152.2 d,较对照品种(当粳 8 号)短 4.5 d 左右。

表 2 徽粳糯 903 的主要农艺性状

区域试验	株高 / cm	有效穗数 / (万穗 /667 m <sup>2</sup> )	穗长 / cm	穗粒数 / (粒 / 穗)	结实率 / %	千粒质量 / g	全生育期 / d
2019 年	98.1	23.1	15.6	136.4	92.3	26.1	152.0
2020 年	93.9	21.9	15.9	137.8	90.2	26.4	152.3
平均	96.0	22.5	15.8	137.1	91.3	26.3	152.2

### 2.2 产量表现

徽粳糯 903 于 2019—2020 年参加徽稻联合体中粳迟熟组区域试验以及 2021 年的生产试验,结果表明徽粳糯 903 兼具高产性以及稳产性(表 3)。2019 年徽粳糯 903 区域试验平均产量为 742.92 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照品种当粳 8 号增产 1.82%,其中 8 个试验点中有 5 个试验点增产;2020 年区域试验平均产量 657.81 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照品种当粳 8 号增产 3.71%,达到显著水平,在合肥、当涂、凤台、怀远、全椒、天长共计 6 个试验点全部增产;2021 年生产试验平均产量为 646.06 kg/667 m<sup>2</sup>,较对

照品种当粳 8 号增产 5.77%,在合肥、当涂、凤台、怀远、庐江、全椒、天长共计 7 个试验点全部增产。

### 2.3 稻米品质

徽粳糯 903 属于粳糯品种,经安徽省稻米及制品检测中心对 2019—2020 年区域试验送样检测(表 4)显示:徽粳糯 903 糙米率 83.9%~84.3%,整精米率 63.5%~66.1%,精米率 75.6%~75.9%,直链淀粉质量分数 0.8%~1.9%,阴糯米率 1.0%~2.5%,胶稠度 100 mm,白度 1 级,碱消值 6.6~7.0 级,粒长 4.7 mm,长宽比 1.7~1.8。2 年的稻米品质性状综合指标较为稳定,均达到 NY/T 593—2013《食用稻品

种品质》标准3级及以上,其中2019年达到2级;并且糙米率、白度、直链淀粉质量分数、胶稠度等单项指标均达到稻米品质1级标准。可见徽粳糯903

的稻米软糯、黏度大、弹性好,是一个食味品质优良的水稻新品种,可以作为糯米加工制品的优质原料。

表3 徽粳糯903的产量表现

试验组别	品种	产量/(kg/667 m <sup>2</sup> )	比CK增产/%	增产点比例/%
2019年区域试验	徽粳糯903	742.92	1.82	62.5
	当粳8号(CK)	729.67		
2020年区域试验	徽粳糯903	657.81	3.71	100.0
	当粳8号(CK)	634.28		
2021年生产试验	徽粳糯903	646.06	5.77	100.0
	当粳8号(CK)	610.79		

表4 徽粳糯903在区域试验中的品质检测结果

试验组别	糙米率/ %	整精米率/ %	精米率/ %	直链淀粉 质量分数/%	阴糯米率/ %	胶稠度/ mm	白度/ 级	碱消值/ 级	粒长/ mm	长宽比	等级/ 级
2019年	84.3	66.1	75.9	1.9	2.5	100	1	7.0	4.7	1.7	优2
2020年	83.9	63.5	75.6	0.8	1.0	100	1	6.6	4.7	1.8	优3

2.4 抗性表现

安徽省农业科学院植物保护与农产品质量安全研究所对于徽粳糯903的抗性鉴定结果(表5)显示,2019和2020年徽粳糯903的稻瘟病综合发病指数均为5.5,病级均为5级,抗性评价均为中感,相较对照当粳8号(综合发病指数6.5,病级7级,

抗性评价为感病)抗病表现更好;稻曲病的抗性鉴定结果显示,2019年徽粳糯903中感稻曲病(病穗率9%),2020年表现感稻曲病(病穗率14%);徽粳糯903对于白叶枯病的抗性则与对照当粳8号相当,2019和2020年这2年的病级均为5级,中感白叶枯病。

表5 徽粳糯903的抗病性鉴定结果

试验组别	稻瘟病			稻曲病		白叶枯病	
	综合发病指数	病级/级	抗性评价	病穗率/%	抗性评价	病级/级	抗性评价
2019年	5.5	5	中感	9	中感	5	中感
2020年	5.5	5	中感	14	感	5	中感

3 徽粳糯903栽培技术要点

3.1 适时播种,合理密植

徽粳糯903适宜在安徽省及相邻生态区作一季中粳种植。常规栽培育秧宜在5月中、下旬播种,播种前应使用咪鲜胺或者其他药剂浸泡2d左右,以防止恶苗病及干尖线虫病等种传病害,将种子用清水冲洗后催芽,待种子出芽并且露白之后播种,徽粳糯903的播种量建议在30kg/667m<sup>2</sup>,大田用种量2.5kg/667m<sup>2</sup>,确保播种后种子分布均匀,尽量避免丛籽、堆籽现象。培育带蘖壮秧,大田中应适当密

植,秧龄达30d左右时移栽插秧,一般情况下,栽插密度应控制在2.0万~2.5万穴/667m<sup>2</sup>,每穴3~4粒种子苗,从而保证较高的有效穗数,确立合理适宜的植株群体结构。

3.2 科学管理肥水

应综合考量土壤肥力状况以及前茬作物种植情况等制定施肥方案。大田所施纯氮量建议达到15kg/667m<sup>2</sup>,前期管理中应做到“重施基肥、早施追肥”,基肥的使用量至少应达所有施肥量的60%以上,同时应关注氮、磷、钾肥的合理搭配,遵守“适氮配磷钾增硅”原则,平衡施肥。栽后7d左右,需要及时

追施返青肥(用量不宜过多,一般施5~10 kg/667 m<sup>2</sup> 尿素即可,以避免烧苗),从而促使秧苗早生快发,确保较高的实际有效穗数。在发育中后期则应结合田间实际长势,通过合理补施穗肥、增施钾肥等措施,以促进籽粒灌浆、增加结实率并增强抗倒伏能力等。

水分管理方面应遵循干湿交替、深浅结合。初期宜浅水栽秧以维持土壤温度及氧气供应,从而促进秧苗生根,水利条件好的田块亦可日灌夜排,不宜长期深水灌溉,以免导致秧苗以及根系缺氧从而出现僵苗;随后深水护苗活棵以促进水稻缓苗返青,并且在返青后浅水搁田,以利于分蘖的形成;中期及时恰当烤田,从而减少无效分蘖、优化群体结构;后期干干湿湿,在孕穗至扬花阶段保持浅水灌溉,在齐穗后恢复干湿交替灌溉模式,至收获前7~10 d 彻底断水,以便机械化收割。

### 3.3 加强病虫害草害防治

病虫害防治方面应予以足够的重视,以预防为主、治理为辅。注意中期二化螟、稻纵卷叶螟等螟虫危害,可在分蘖期和孕穗期均施加1次18%杀虫双、氯虫苯甲酰胺以及毒死蜱加以防治,也可采取释放赤眼蜂等天敌以及太阳能杀虫灯诱杀等生物、物理防治手段。近年来,稻曲病在安徽省的发生频率和危害程度显著上升,逐渐演变为制约当地水稻生产的主要病害问题之一,故在后期也应加强对稻曲病的预防治理,可在破口前7 d 左右施用井冈霉素、苯甲丙环唑和苯甲嘧菌酯等药剂加以防治<sup>[6]</sup>。对于白叶枯病的防治也不可忽视,应加强田间巡查,做到“早预防、早发现、早治理”,在分蘖期和孕穗期

的初期阶段,气候条件等利于发病尤其是已经出现病斑时,可选用中生菌素、农用链霉素、春雷霉素、噻菌铜、噻唑锌等药剂由未发病区向发病区喷洒,隔1周施药1次,连续用药2次<sup>[7]</sup>。在重病区还要注重稻瘟病的防治,密切关注发病动态以及气候预警,可在苗期、抽穗前以及齐穗后施用三环唑、稻瘟酰胺和咪鲜胺等,注意轮换使用不同抗性机制的药剂以延缓抗性菌株的出现<sup>[8]</sup>。草害防治主抓播种及移栽后2个时期,可根据实际情况人工除草,或喷施2.5%五氟磺草胺(稻杰)、10%氰氟草酯(千金)及13%二甲四氯水剂等削弱千金子、稗草和阔叶草等杂草危害。

### 参考文献:

- [1] 朱 军,朱自忠,李 平. 中国糯稻遗传育种研究进展[J]. 杂交水稻,2021,36(1):1-8.
- [2] 孙 健,梅淑芳,赵 华,等. 糯稻加工利用与遗传育种研究进展[J]. 中国稻米,2013,19(1):36-40.
- [3] 商全玉,刘安晋,王 松,等. 极早熟糯稻新品种黑糯2号[J]. 中国种业,2023(10):178-179.
- [4] 赵 磊,邹 禹,苏松田,等. 安徽沿淮地区粳糯稻高产高效栽培技术[J]. 现代农业科技,2023(18):51-54.
- [5] 景德道,钱华飞,周义文,等. 高产广适抗病粳糯新品种镇糯19号的选育与特征特性[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):64-66.
- [6] 陈 旭,邱结华,熊 萌,等. 稻曲病研究进展[J]. 中国稻米,2019,25(5):30-36.
- [7] 贾军杰. 水稻白叶枯病的发生及防治[J]. 新农业,2024(3):10.
- [8] 刘 利. 水稻稻瘟病的发生与防治措施[J]. 种子科技,2024,42(17):127-129,154.

## Breeding and Application of Medium Geng Glutinous Rice Variety Huigengnuo 903 with High Yield and Quality

HAO Qixian, ZHOU Kunneng, YUN Peng, ZHANG Caijuan, XIA Jiafa, LI Zefu

(Anhui Province Key Laboratory of Rice Germplasm Innovation and Molecular Improvement / Rice Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

**Abstract:** Huigengnuo 903 is a new high-yield and high-quality medium geng glutinous rice variety developed by the Rice Research Institute of Anhui Academy of Agricultural Sciences. It was bred through multi-generational pedigree selection from a cross between Ning 1093 (a medium-Japonica intermediate material from Jiangsu Province) as the maternal parent and Zhennuo 19 (a high-yielding, high-quality, disease-resistant glutinous rice variety) as the paternal parent. This variety has outstanding characteristics of high and stable yield potential, high quality, ideal plant architecture, strong lodging resistance, and excellent maturity performance at late growth stages. In the Anhui provincial regional rice trials during 2019–2020, the average yield of Huigengnuo 903 was 700.4 kg/667 m<sup>2</sup>. Its grain quality met or exceeded the Grade 3 standards of Edible Rice Variety Quality (NY/T 593–2013). The variety showed moderate susceptibility to rice blast and bacterial blight, and was susceptible to rice false smut. It was approved by Anhui Crop Variety Approval Committee (Approval number: Wanshendao 20221093) in 2022. It is suitable for cultivation as single-season medium geng rice variety in Anhui Province and adjacent ecological zones. This paper elaborates on the breeding process, characteristics, and key cultivation techniques of Huigengnuo 903, aiming to provide references for its large-scale popularization and application.

**Key Words:** Glutinous rice; Huigengnuo 903; Breeding; Characteristics; Cultivation technique

(上接第 60 页)

- [6] 张林,周兴兵,刘茂,等. 耐高温干旱优质水稻恢复系沪恢 107 的选育与应用[J]. 杂交水稻,2023,38(3):74–78.
- [7] 刘刚,夏快飞,吴艳,等. 水稻耐热新种质R203 的创制与应用[J]. 中国农业科学,2023,56(3):405–415.
- [8] 陈庆全,余四斌,李春海,等. 水稻抽穗开花期耐热性 QTL 的定位分析[J]. 中国农业科学,2008,41(2):315–321.
- [9] 曹志,刘聪,王合勤,等. 耐高温抗倒伏杂交水稻新组合荃优 607 的选育与应用[J]. 杂交水稻,2024,39(1):78–84.
- [10] 王春虎,穆麒麟,王松,等. 从现有商业品种中筛选耐高温水稻品种[J]. 湖北农业科学,2020,59(20):25–28,50.
- [11] 江青山,林纲,赵德明,等. 优质香稻不育系宜香 1A 的选育与利用[J]. 杂交水稻,2008,23(2):11–14.
- [12] 黄富,林纲,岳元文,等. 水稻新品种宜香优 2115 的特征特性及高产栽培技术[J]. 四川农业科技,2012(7):14.
- [13] 黄庭旭,谢华安,游晴如,等. 优质高产杂交香稻新组合“宜优 673”的选育与应用[J]. 江西农业学报,2006,18(4):6–9.
- [14] 李经勇,唐永群,文明,等. 优质高产杂交中稻新组合渝香 203 及其应用[J]. 农业科技通讯,2006(11):24.
- [15] 赖向华,吴秀林,张仁勇. 杂交水稻宜香 4245 及高产栽培技术[J]. 中国种业,2015(4):66.

## Breeding and Cultivation Techniques of New Three-line Hybrid Rice Variety Yiyou 8111 with High Quality, High Yield and High-temperature Resistance

CHEN Jiabin, ZHANG Ying, HE Bing, JIANG Fanghong, HAN Dong, LI Hengjin, ZHAN Yinghong,

ZHAO Deming, WANG Feng, WU Xianghong, ZHANG Jie, JIANG Qingshan

(Yibin Academy of Agricultural Sciences, Yibin 644600, China)

**Abstract:** Yiyou 8111 is a new high-quality high-yield and high-temperature resistance late maturity three-line hybrid rice variety, which bred by Yibin Academy of Agricultural Sciences through sterile line Yixiang 1A and restorer line Yihui 8111. The average yield of this variety in the regional trial was 8 736.30 kg/hm<sup>2</sup>, which increased by 4.92% compared with the control variety Yixiangyou 2115. The rice quality reached level 2 of Edible Rice Variety Quality (NY/T 593–2013). The high temperature resistance grade was level 3. It was approved as a new rice variety by Sichuan Province in February 2025 (Approval number: Chuanshendao 20240011). It is suitable for cultivation in flat and hilly areas with an altitude of less than 800 meters in Sichuan Province (excluding the Panxi Ecological Zone).

**Key Words:** Yixiang 1A; Yihui 8111; Yiyou 8111; Breeding

王国平,周喜荣,徐冬丽,等. 粮草兼用青稞新品种——甘青 12 号[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(5):66-74(2025-09-17). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.011>.

## 粮草兼用青稞新品种——甘青 12 号

王国平<sup>1</sup>,周喜荣<sup>1</sup>,徐冬丽<sup>1</sup>,郭建炜<sup>1</sup>,周志智<sup>2</sup>,张玉龙<sup>3</sup>,杨晓伟<sup>4</sup>,张忠广<sup>1</sup>,胡再青<sup>1</sup>,朱君<sup>1</sup>,刘梅金<sup>1\*</sup>

(1. 甘南藏族自治州农业科学研究所,甘肃合作 747000;2. 临潭县种子工作站,甘肃临潭 747500;

3. 夏河县农业技术推广站,甘肃夏河 747100;4. 迭部县桑坝乡农业农村综合服务中心,甘肃迭部 747400)

**摘要:**青藏高原地区生态环境复杂多变,且植被脆弱,恢复难度大;而该地区畜牧业发展基数较大,自然植被无法全天候满足牛羊饲喂需求;青稞作为该地区优势特色作物,通过秸秆揉丝发酵,可满足雪天封山季节牛羊饲草供给,且粮草兼用型青稞品种日益得到农牧民青睐,需求不断变大。青稞新品种甘青 12 号为粮草兼用型品种,生育期 111~116 d,株高 99.7 cm,全抽穗习性,穗颈直立,穗长 6.0 cm,穗粒数 41.0 粒/穗,穗粒质量 1.88 g,千粒质量 42.2 g 左右,籽粒黄色,椭圆形,耐寒、耐旱;籽粒蛋白质含量(质量分数,下同)10.85%、淀粉含量 55.41%、赖氨酸含量 0.41%、 $\beta$ -葡聚糖含量 6.03%;秸秆粗蛋白含量 8.84%、可溶性糖含量 6.80%、木质素含量 9.47%、中性洗涤纤维含量 70.60%、酸性洗涤纤维含量 39.70%。该品种的选育能够进一步为甘南及周边地区农牧交错地带粮草供给需求奠定基础。

**关键词:**青稞;粮草兼用;新品种;甘青 12 号;选育

**中图分类号:**S512.3

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20250067

青稞是青藏高原裸大麦生态区的主要组成部分,是甘南州的主要粮食作物,也是藏族群众在特殊环境和生活条件下不可替代的主要食粮<sup>[1-3]</sup>。甘南州是全国 10 个藏族自治州之一,是甘肃省的青稞主产区,青稞产量直接关系到甘南藏区群众的温饱 and 农牧民的经济收益,青稞生产与甘南藏区社会稳定息息相关。青稞产业在深度扶贫工作中起到支撑农牧民增收的作用,对于促进甘南藏区农牧民增收和脱贫致富至关重要。青稞种植区传统上多位于农业区的边缘地带或农牧交错区,其生态、生产条件更为严酷,发展青稞产业,十分有利于生态区植被的就地保护。

甘南州地处青藏高原东北部,平均海拔 3 000 m,大部分耕地分布在海拔 2 000~3 000 m 的高寒阴

湿地区,气候寒冷湿润,无霜期短,自然条件差,适应种植作物少。青稞以其早熟、耐寒、耐瘠、抗逆性强等特点成为适宜甘南州高海拔地区生长发育的优势作物<sup>[4-6]</sup>。2022 年该州粮食作物播种面积 4.70 万 hm<sup>2</sup>,总产 12.11 万 t;青稞播种面积 1.79 万 hm<sup>2</sup>,总产 4.09 万 t,占粮食作物播种面积的 38.1%,占粮食总产的 33.77%,种植面积和产量均居各类农作物之首,在甘南州粮食安全生产中起着重要作用。

甘南藏族自治州农业科学研究所自建所以来就开展青稞新品种选育工作,先后选育出甘青系列青稞品种在全州相继大面积推广种植,使青稞单位面积产量从 1970 年代的 75 kg/667 m<sup>2</sup> 上升到现在的 150 kg/667 m<sup>2</sup> 以上,在甘南州及周边藏区青稞生产中发挥了良好的增产效应。

选育出高产、优质的青稞新品种,不仅能丰富甘南州青稞品种,实现优质品种的更新换代,而且可提高单产,增加总产,提高青稞生产供给率、商品率,进一步提升甘南州青稞生产水平。通过青稞产业的发展带动农牧交错区经济社会的进步,对于增强青稞这一特色产业在扶贫中支撑农牧民增收的作用、促进农牧民增收和脱贫致富、发展民族经济、维护社会稳定都具有重要的现实意义和深远的历史意义。

收稿时间:2025-06-05;修回日期:2025-08-20。

基金项目:国家大麦青稞产业技术体系专项(CARS-05-21B);甘肃省科技厅科技计划(技术创新引导计划)项目-农业类-科技特派团专项(22CX8NP248);甘肃省科技厅科技计划项目-农业领域-科技重大专项(25ZDNA002);甘南州科技计划项目(2022JY1NC001)。

作者简介:王国平(1973—),男,高级农艺师,主要从事青稞新品种选育、栽培及示范推广工作。Email: 1412044194@qq.com。

\* 通信作者:刘梅金(1971—),女,推广研究员,主要从事作物育种与栽培及示范推广工作。Email: 99023641@qq.com。

## 1 甘青 12 号品种来源及选育经过

### 1.1 品种来源

青稞新品种甘青 12 号(原代号 0628)是甘南藏族自治州农业科学研究所育成品种甘青 1 号为母本,以甘南藏族自治州农业科学研究所选育中间材料黄青 2 号(穗大、粒多、结实率高)为父本杂交选育而成。2024 年 7 月通过农业农村部非主要农作物品种登记,登记编号为 GPD 大麦(青稞)(2024) 620027。

### 1.2 选育经过

甘青 12 号选育过程:2006 年以甘青 1 号为母本、黄青 2 号为父本,人工去雄授粉,收获杂交种;2007 年种植杂交种 F<sub>1</sub>,杂种后代采用系谱法选择株(穗)系,2011 年从 F<sub>6</sub> 中选择性状优良、生长整齐一致的株行,2013 年进入品系鉴定试验二,试验采用随

机区组排列,重复 3 次,小区面积 2 m<sup>2</sup>(1 m × 2 m),4 行区,行距 0.25 m,播量 25 万粒/667 m<sup>2</sup>,人工犁开沟溜籽条播;2014 年参加品系鉴定试验一,试验采用随机区组排列,重复 3 次,小区面积 4 m<sup>2</sup>(2 m × 2 m),8 行区,行距 0.25 m,播量 25 万粒/667 m<sup>2</sup>,人工犁开沟溜籽条播;2016—2017 年参加品系比较试验,试验采用随机区组排列,重复 3 次,小区面积 10 m<sup>2</sup>(2.5 m × 4.0 m),10 行区,行距 0.25 m,播量 25 万粒/667 m<sup>2</sup>,小区播种量 1 500 粒。人工犁开沟溜籽条播;2018—2020 年参加甘南州青稞品种区域试验,试验设在 5 个不同生态区域点进行,各试点按照统一实施方案实施,试验采用随机区组排列,重复 3 次,小区面积 12 m<sup>2</sup>(3 m × 4 m),12 行区,行距 0.25 m,播量 30 万~35 万粒/667 m<sup>2</sup>,人工犁开沟溜籽条播;2021 年参加甘南州青稞品种生产试验,2022 年开始多点生产示范,完成选育程序。



图 1 青稞品种甘青 12 号(原代号 0628)选育系谱图

## 2 甘青 12 号特征特性

甘青 12 号属春性,生育期 111 ~ 116 d,幼苗生长直立,生长势强,叶色绿,植株生长整齐,茎秆弹性强,株型紧凑,全抽穗,籽粒饱满;株高 99.7 cm,茎秆坚韧、粗细中等,全抽穗习性,穗颈直立,植株生长整齐;穗长方形,多棱疏穗;长齿芒,窄护颖,穗长 6.0 cm 左右,穗粒数 41 粒/穗左右,穗粒质量 1.88 g 左右,千粒质量 42.2 g 左右,籽粒黄色,椭圆形,硬质,饱满。

甘青 12 号成熟后期“口紧”,落黄好,耐寒、耐旱,抗倒伏。经中国科学院西北高原生物研究所分析测试中心检验:甘青 12 号籽粒蛋白质含量(质量分数,下同) 10.85%、淀粉含量 55.41%、赖氨酸含量 0.41%、β-葡聚糖含量 6.03%、秸秆粗蛋白含量 8.84%、可溶性糖含量 6.80%、木质素含量 9.47%、中性洗涤纤维含量 70.60%、酸性洗涤纤维含量 39.70%。经中国农业科学院植物保护研究所抗性鉴定表明:甘青 12 号中感条纹病和蠕孢叶斑病,感黄矮病,高抗条锈病。甘青

12号的优点:田间长势清秀,耐寒、耐旱,综合农艺性状优良,叶片功能期长;缺点:肥力要求较高。

### 3 甘青12号产量表现

#### 3.1 品系(种)鉴定试验

**3.1.1 品系(种)鉴定试验二。**甘青12号于2013年参加品系(种)鉴定试验二(表1),在14个参试品系中居第5位,小区平均折合产量390.2 kg/667 m<sup>2</sup>,比康青3号(CK<sub>1</sub>)增产1.7%,比甘青2号(CK<sub>2</sub>)增产4.5%。

**3.1.2 品系(种)鉴定试验一。**甘青12号于2014年参加品系(种)鉴定试验一(表2),在16个参试品系

中居第2位,小区平均折合产量347.2 kg/667 m<sup>2</sup>,较康青3号(CK<sub>1</sub>)增产5.0%,较甘青2号(CK<sub>2</sub>)增产23.7%。

#### 3.2 品系(种)比较试验

由表3可知,2016年品系比较试验参试品系(种)15个,分别是0229-1、0330、甘青2号(CK<sub>2</sub>)、0452、0201、0446、0349-1、0547、0538、0414、甘青12号、康青3号(CK<sub>1</sub>)、0526、0325、0541。甘青12号小区平均折合产量365.4 kg/667 m<sup>2</sup>,比康青3号(CK<sub>1</sub>)增产0.6%,比甘青2号(CK<sub>2</sub>)减产7.6%,增产显著,在15个参试品系(种)中居第11位。

表1 2013年青稞品系(种)鉴定试验(二)产量结果

品系(种)	2 m <sup>2</sup> 小区产量 /kg			总产量 / kg	平均产量 / kg	折合产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> )	比 CK 增产 /%		位次
	I	II	III				CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	
0656	0.80	0.85	0.95	2.60	0.87	290.1	-24.4	-22.3	12
0513	1.90	1.00	0.95	3.85	1.28	426.9	11.3	14.3	3
康青3号(CK <sub>1</sub> )	0.95	1.10	1.40	3.45	1.15	383.5	—	2.7	6
0452	1.85	1.30	1.30	4.45	1.48	493.6	28.7	32.2	1
甘青12号	1.10	1.25	1.15	3.50	1.17	390.2	1.7	4.5	5
0526	0.85	0.95	0.85	2.65	0.88	293.5	-23.5	-21.4	11
0414	1.35	1.50	1.40	4.25	1.42	473.6	23.5	26.8	2
0542	1.30	1.45	0.95	3.70	1.23	410.2	7.0	9.8	4
0404	0.75	0.80	0.85	2.40	0.80	266.8	-30.4	-28.6	14
0532	0.90	0.60	1.00	2.50	0.83	276.8	-27.8	-25.9	13
0547	1.25	0.50	1.35	3.10	1.03	343.5	-10.4	-8.0	9
甘青2号(CK <sub>2</sub> )	1.45	1.15	0.75	3.35	1.12	373.5	-2.6	—	7
0562	1.20	1.15	0.85	3.20	1.07	356.8	-7.0	-4.5	8
0505	0.90	1.15	0.65	2.70	0.90	300.2	-21.7	-19.6	10

表2 2014年青稞品系(种)鉴定试验(一)产量结果

品系(种)	2 m <sup>2</sup> 小区产量 /kg			总产量 / kg	平均产量 / kg	折合产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> )	比 CK 增产 /%		位次
	I	II	III				CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	
0553	1.70	1.50	1.90	5.10	1.70	283.4	-14.3	1.0	8
0414	1.75	2.50	2.60	6.85	2.28	380.6	15.1	35.6	1
康青3号(CK <sub>1</sub> )	1.70	1.70	2.55	5.95	1.98	330.6	—	17.8	4
0510	1.75	1.50	2.35	5.60	1.87	311.1	-5.9	10.9	5

(续表)

品系(种)	2 m <sup>2</sup> 小区产量 /kg			总产量 / kg	平均产量 / kg	折合产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> )	比 CK 增产 /%		位次
	I	II	III				CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>	
0429	1.25	2.25	1.75	5.25	1.75	291.7	-11.8	4.0	7
0513	1.55	1.55	1.80	4.90	1.63	272.2	-17.7	-3.0	10
0542	1.60	2.35	1.50	5.45	1.82	302.8	-8.4	7.9	6
0325	1.85	1.35	1.90	5.10	1.70	283.4	-14.3	1.0	8
甘青 12 号	1.55	2.50	2.20	6.25	2.08	347.2	5.0	23.7	2
0562	1.95	2.25	1.25	5.45	1.82	302.8	-8.4	7.9	6
0201-1	1.85	1.10	1.95	4.90	1.63	272.2	-17.6	-3.0	10
0547	2.20	1.35	1.90	5.45	1.82	302.8	-8.4	7.9	6
0505	1.60	1.50	1.80	4.90	1.63	272.2	-17.7	-3.0	10
甘青 2 号(CK <sub>2</sub> )	1.85	1.45	1.75	5.05	1.68	280.6	-15.1	—	9

表 3 2016 年青稞品系(种)比较试验产量结果、农艺性状

品系(种)	10 m <sup>2</sup> 小区产量 / (kg)		折合产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> )	较 CK 增产 /%		位 次	生育期 / d	株高 / cm	穗长 / cm	穗粒数 / (粒 / 穗)	千粒质量 /g
	总产量	平均产量		CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>						
0229-1	18.10	6.03	402.0	10.6	1.7	6	113	101.1	6.1	42.7	53.8
0330	18.58	6.19	412.7	13.6	4.4	3	112	94.2	6.7	50.7	48.4
甘青 2 号(CK <sub>2</sub> )	16.35	5.45	363.4	—	-8.1	12	111	93.5	6.0	44.7	47.5
0452	18.15	6.05	403.4	11.0	2.0	5	111	104.2	6.1	42.7	49.9
0201	19.05	6.35	423.4	16.5	7.1	2	110	97.3	5.5	42.0	46.6
0446	16.55	5.52	368.0	1.3	-6.9	10	116	82.6	6.7	40.3	58.0
0349-1	19.40	6.47	431.4	18.7	9.1	1	113	78.8	7.0	44.0	51.5
0547	14.45	4.82	321.3	-11.6	-18.7	14	115	81.2	5.8	38.7	51.4
0538	15.65	5.22	348.0	-4.2	-12.0	13	114	83.2	6.7	41.0	49.2
0414	17.46	5.82	388.0	6.8	-1.9	8	111	94.0	5.4	59.0	41.7
甘青 12 号	16.45	5.48	365.4	0.6	-7.6	11	113	100.9	6.4	41.3	51.6
康青 3 号(CK <sub>1</sub> )	17.80	5.93	395.4	8.8	—	7	112	102.9	5.6	36.0	48.3
0526	18.40	6.13	408.7	12.5	3.4	4	114	104.5	6.0	39.7	48.0
0325	17.13	5.71	380.7	4.8	-3.7	9	113	102.3	6.3	44.0	51.9
0541	18.10	6.03	402.0	10.6	1.7	6	111	102.0	5.9	48.3	52.2

由表 4 可知,2017 年品系比较试验参试品系(种)18 个,分别是 0548、甘青 12 号、0325、甘青 2 号(CK<sub>2</sub>)、0429、0541、0452、0730、0526、0770、0330、0560、0349-1、0562、0611、康青 3 号(CK<sub>1</sub>)、0201、

0510。甘青 12 号小区平均折合产量 245.1 kg/667 m<sup>2</sup>,比康青 3 号(CK<sub>1</sub>)增产 5.3%,比甘青 2 号(CK<sub>2</sub>)增产 11.0%,在 18 个参试品系(种)中居第 9 位。

表4 2017年青稞品系(种)比较试验产量结果、农艺性状

品系(种)	10 m <sup>2</sup> 小区产量/(kg)		折合产量/ (kg/667 m <sup>2</sup> )	较CK增产/%		位 次	生育期/ d	株高/ cm	穗长/ cm	穗粒数/ (粒/穗)	千粒质量 /g
	总产量	平均产量		CK <sub>1</sub>	CK <sub>2</sub>						
0548	11.24	3.75	249.8	7.3	13.1	6	107	73.1	6.1	41.7	38.4
甘青12号	11.03	3.68	245.1	5.3	11.0	9	108	91.5	6.1	36.2	35.4
0325	10.16	3.39	225.8	-3.0	2.2	17	107	84.9	5.4	36.6	37.6
甘青2号(CK <sub>1</sub> )	10.47	3.49	232.7	—	5.3	14	106	77.1	6.1	42.7	34.3
0429	10.78	3.59	239.6	3.0	8.5	10	108	89.7	6.0	38.8	36.3
0541	10.45	3.48	232.2	-0.2	5.1	15	109	84.0	6.2	38.3	38.2
0452	10.35	3.45	230.0	-1.2	4.1	16	108	85.6	5.7	41.6	34.6
0730	11.72	3.91	260.5	11.9	17.9	4	110	77.4	6.6	45.3	38.2
0526	11.21	3.74	249.1	7.0	12.8	7	111	84.5	6.4	49.6	35.2
0770	10.61	3.54	235.8	1.3	6.7	11	108	86.8	6.0	37.3	36.1
0330	10.52	3.51	233.8	0.5	5.8	13	110	80.9	6.3	46.8	35.9
0560	11.34	3.78	252.0	8.3	14.1	5	109	91.1	5.4	36.3	36.8
0349-1	12.08	4.03	268.5	15.4	21.5	1	107	70.1	6.1	42.9	36.2
0562	11.98	3.99	266.2	14.4	20.5	2	104	82.0	5.8	35.6	35.4
0611	10.67	3.56	237.1	1.9	7.3	12	107	75.6	6.6	46.8	35.8
康青3号(CK <sub>2</sub> )	9.94	3.31	220.9	-5.1	—	18	107	91.5	5.8	27.7	36.6
0201	11.14	3.71	247.6	6.4	12.1	8	106	83.6	6.0	37.5	32.4
0510	11.41	3.80	266.2	14.4	20.5	3	112	76.9	6.1	42.5	40.4

### 3.3 甘南州青稞区域试验

2018—2020年参加甘南州青稞区域试验,参试品系(种)7个,分别是0560、0349-1、康青3号(CK<sub>1</sub>)、0730、0429、肚里黄(CK<sub>2</sub>)、甘青12号。试验设在甘南藏族自治州农业科学研究所合作市卡加曼乡新集村、夏河县达麦乡黄茨滩村、临潭县城关镇郊口村、卓尼县木耳镇木耳村、迭部县电尕镇拉路村5个不同生态区域点进行。试验采用随机区组排列,重复3次,小区面积12 m<sup>2</sup>(3 m×4 m),12行区,行距0.25 m,播量35万粒/667 m<sup>2</sup>,小区下籽量6300粒,每行播种量525粒,人工犁开沟溜籽条播。

由表5可知,2018年在5点次试验中,4点次增产,增产点比例为80.0%。甘青12号平均折合产量264.4 kg/667 m<sup>2</sup>,比康青3号(CK<sub>1</sub>)增产12.0%,比肚里黄(CK<sub>2</sub>)增产26.5%,居参试品系(种)第1位。

2019年在5点次试验中,5点次增产,增产点比

例为100.0%。甘青12号平均折合产量286.0 kg/667 m<sup>2</sup>,比康青3号(CK<sub>1</sub>)增产16.8%,比肚里黄(CK<sub>2</sub>)增产18.9%,居参试品系(种)第2位。

2020年在5点次试验中,5点次增产,增产点比例为100.0%。甘青12号平均折合产量298.6 kg/667 m<sup>2</sup>,比康青3号(CK<sub>1</sub>)增产12.1%,比肚里黄(CK<sub>2</sub>)增产13.4%,居参试品系(种)第1位。

综合3年15点次试验结果,14点次增产,增产点比例为93.3%。3年平均折合产量283.0 kg/667 m<sup>2</sup>,比康青3号(CK<sub>1</sub>)增产13.6%,比肚里黄(CK<sub>2</sub>)增产19.6%,居参试品系(种)第1位。

通过综合方差分析和丰产性、稳定性测定,甘青12号主效最大,丰产性最好,品系×地点互作方差及变异系数相对较小,稳产性、适应性表现最好,是一个增产潜力较大、发展前途较广的青稞新品系,适宜在全州推广种植。

表5 2018—2020年甘南州青稞品种区域试验甘青12号产量统计

序列	试验地点	年份	产量 / (kg/667 m <sup>2</sup> )	比对照品种增产 /%		增产点比例 / %
				康青3号(CK <sub>1</sub> )	肚里黄(CK <sub>2</sub> )	
1	合作市新集村	2018	295.6	19.7	10.5	3年15点次中, 14点次增产,增 产比例为93.3%
		2019	478.9	16.8	17.7	
		2020	502.6	12.0	7.6	
		平均	425.7	16.2	11.9	
2	夏河县黄茨滩	2018	183.2	-0.8	13.1	
		2019	240.0	9.9	21.2	
		2020	197.7	4.4	14.1	
		平均	207.0	4.5	16.1	
3	临潭县郊口村	2018	277.8	11.1	21.9	
		2019	209.5	15.3	25.0	
		2020	276.1	21.2	8.0	
		平均	254.5	15.9	18.3	
4	卓尼县木耳村	2018	277.8	11.1	14.3	
		2019	237.0	37.6	18.5	
		2020	250.0	18.4	25.0	
		平均	255.0	22.4	19.3	
5	迭部县拉路村	2018	287.8	18.8	72.6	
		2019	264.5	4.4	12.2	
		2020	266.7	4.4	12.2	
		平均	273.0	9.2	32.3	
	2018年平均		264.4	12.0	26.5	
	2019年平均		286.0	16.8	18.9	
	2020年平均		298.6	12.1	13.4	
	3年平均		283.0	13.6	19.6	

### 3.4 2021年甘南州青稞品种生产试验

2021年参加甘南州青稞品种生产试验,试验设在合作市卡加曼乡新集村、夏河县唐尕昂乡着会村、卓尼县木耳镇力赛村、临潭县城关镇郊口村、迭部县电尕镇谢谢寺村5个不同生态区域点进行,试验不设重复,种植面积333.3 m<sup>2</sup>,留苗密度根据当地生产情况而定,田间管理略高于当地大田水平。

由表6可知,在合作市卡加曼乡新集村折合产量242.2 kg/667 m<sup>2</sup>,较甘青4号(CK)增产11.1%;夏河县唐尕昂乡着会村折合产量277.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较甘青4号(CK)增产30.0%;卓尼县木耳镇力赛村折合产量361.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较甘青4号(CK)增产57.0%;临潭县城关镇郊口村折合产量218.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较甘

青4号(CK)增产4.3%;迭部县电尕镇谢谢寺村折合产量344.4 kg/667 m<sup>2</sup>,较甘青4号(CK)增产63.5%。综合试验结果,参试点5个点次增产,增产点比例为100.0%。5试点平均产量288.5 kg/667 m<sup>2</sup>,较甘青4号(CK)增产33.5%。

### 3.5 生产示范

如表7,2022年由甘南州农业科学研究所统一提供种子,在甘南州不同生态类型区示范种植甘青12号青稞新品系0.50 hm<sup>2</sup>,平均产量250.2 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照增产16.3%。其中,临潭县示范种植0.07 hm<sup>2</sup>,产量265.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照甘青4号增产16 kg/667 m<sup>2</sup>,增幅为6.4%;迭部县示范种植0.07 hm<sup>2</sup>,产量248.2 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照甘青4号

增产 56.7 kg/667 m<sup>2</sup>,增幅为 29.6%;夏河县示范种植 0.07 hm<sup>2</sup>,产量 274.7 kg/667 m<sup>2</sup>,比对照甘青 4 号增幅为 15.9%;卓尼县示范种植 0.07 hm<sup>2</sup>,产量 271.4 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照甘青 4 号增产 56.4 kg/667 m<sup>2</sup>,增幅为 26.2%;合作市卡加曼乡新集村甘南州农业科学研究所试验地示范种植 0.15 hm<sup>2</sup>,平均产量 216.7 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照甘青 4 号增产 14.7 kg/667 m<sup>2</sup>,增幅为 7.3%;碌曲县示范种植 0.07 hm<sup>2</sup>,产量 225.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较对照甘青 4 号增产 25 kg/667 m<sup>2</sup>,增幅为 12.5%。

由表 8 可知,2023 年在甘南州不同生态区域示范种植 4.74 hm<sup>2</sup>。其中,临潭县甘青 12 号示范种植

1.73 hm<sup>2</sup>,平均产量 274.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较基础产量增产 82.7%,其中,基础产量为 150 kg/667 m<sup>2</sup>,下同;迭部县甘青 12 号示范种植 0.47 hm<sup>2</sup>,平均产量 238.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较基础产量增产 58.7%;夏河县甘青 12 号示范种植 0.47 hm<sup>2</sup>,平均产量 223.7 kg/667 m<sup>2</sup>,较基础产量增产 49.1%;卓尼县甘青 12 号示范种植 0.80 hm<sup>2</sup>,平均产量 260.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较基础产量增产 73.3%;合作市甘青 12 号示范种植 0.60 hm<sup>2</sup>,平均产量 243.7 kg/667 m<sup>2</sup>,较基础产量增产 62.5%;碌曲县甘青 12 号示范种植 0.67 hm<sup>2</sup>,平均产量 249.0 kg/667 m<sup>2</sup>,较基础产量增产 66.0%。

表 6 2021 年甘南州青稞新品系(种)生产试验结果

试验地点	折合产量/(kg/667 m <sup>2</sup> )		比对照增产/%	增产点比例/%
	甘青 12 号	甘青 4 号(CK)		
合作市	242.2	218.0	11.1	5 试点均增产, 增产点比例为 100.0%
夏河县	277.0	213.1	30.0	
卓尼县	361.0	230.0	57.0	
临潭县	218.0	209.0	4.3	
迭部县	344.4	210.6	63.5	
平均	288.5	216.1	33.5	

表 7 2022 年甘南州青稞新品系甘青 12 号生产示范产量结果

序号	试验地点	面积/hm <sup>2</sup>	产量/(kg/667 m <sup>2</sup> )	较当地种植品种甘青 4 号增产/%
1	临潭县	0.07	265.0	6.4
2	迭部县	0.07	248.2	29.6
3	夏河县	0.07	274.7	15.9
4	卓尼县	0.07	271.4	26.2
5	合作市	0.15	216.7	7.3
6	碌曲县	0.07	225.0	12.5
	平均	0.08	250.2	16.3

表 8 2023 年甘南州青稞新品系甘青 12 号生产示范产量结果

序号	试验地点	面积/hm <sup>2</sup>	产量/(kg/667 m <sup>2</sup> )	较当地基础产量*增产/%
1	临潭县	1.73	274.0	82.7
2	迭部县	0.47	238.0	58.7
3	夏河县	0.47	223.7	49.1
4	卓尼县	0.80	260.0	73.3
5	合作市	0.60	243.7	62.5
6	碌曲县	0.67	249.0	66.0
	平均	0.79	248.1	65.4

\*:当地基础产量为 150 kg/667 m<sup>2</sup>。

#### 4 甘青 12 号适宜种植地区

经区域试验、多年多点生产试验,甘青 12 号适宜在海拔 2 400 ~ 3 200 m 的青稞种植区推广种植。

#### 5 甘青 12 号栽培技术要点

##### 5.1 合理轮作

优良的轮作制度,要合理安排各茬作物的前作,是提高单茬作物产量和参与轮作体系的各茬作物总产量的重要措施。青稞连作有两大害处:一是病害重;二是重茬青稞,土壤肥力急剧下降,生长较差,产量降低,种植青稞最适宜的前茬为豆类、油菜、马铃薯及轮歇地。

##### 5.2 科学施肥

施农家肥 2 000 ~ 3 000 kg/667 m<sup>2</sup>、磷酸二铵 7.5 kg/667 m<sup>2</sup>、尿素 5 kg/667 m<sup>2</sup> 作底肥一次性施入;缺少农家肥的地方施磷酸二铵 15 ~ 20 kg/667 m<sup>2</sup>、尿素 10 kg/667 m<sup>2</sup>,N 与 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 质量比以 1 : (0.9 ~ 1.1) 为宜。

##### 5.3 适期播种

甘青 12 号适宜在海拔 2 400 ~ 3 200 m 的青稞种植区种植,适宜播期为 3 月下旬至 4 月中旬。

##### 5.4 合理密植

甘青 12 号播种量以 30 万 ~ 35 万粒 /667 m<sup>2</sup> 为宜,即播量 13.0 ~ 15.2 kg/667 m<sup>2</sup>。土壤肥力好,条播,管理措施好的地方取播量下限,反之取播量上限。

##### 5.5 田间管理

青稞苗期田间杂草大量萌发生长,应选晴天进行人工松土除草,使土壤表层通透性得到改善,抽穗后还要拔除田间杂草及野燕麦。也可根据需要选用适宜的除草剂,在青稞 3—4 叶期,用 5 g/667 m<sup>2</sup> 苯磺隆(甲基三苯磺隆)对水 15 kg/667 m<sup>2</sup> 进行田间

喷雾防除阔叶杂草,也可与爱秀(啶啉草酯)混合施用防治杂草。

##### 5.6 适时收获

采用机械或人工收获均可。1)机械收获:待所有植株茎叶变黄,籽粒变硬,采用联合收割机及时收割。2)人工收获:待 70%以上的植株茎叶变成黄色,籽粒具有本品种正常的色泽且变硬时选择收割,至全部成熟时收获结束,并进行打捆、风干及脱粒。

##### 5.7 脱粒晾晒

人工收获后 5 ~ 7 d 及时脱粒、清选、晾晒,待水分含量 ≤ 13% 时入仓。机械收获后对脱粒不干净的及时脱粒后晾晒、清选,待水分含量 ≤ 13% 时入仓。

#### 参考文献:

- [1] 刘建华,徐银萍,火克仓. 功能性青稞新品种陇稞 1 号选育报告[J]. 寒旱农业科学,2025,4(6):520-523.
- [2] 徐金青,边海燕,陈同睿,等. 青海省青稞主栽品种昆仑 14 与昆仑 15 的基因组序列多态性比较 [J]. 中国农业科学,2024,57(21): 4192-4205.
- [3] 张雄鹰,韩梦茹,李艳容,等. 彩色青稞的营养品质及抗氧化能力差异研究[J/OL]. 中国粮油学报,2025:1-10 (2025-06-09) [2025-07-23]. <https://doi.org/10.20048/j.cnki.issn.1003-0174.001155>.
- [4] 周喜荣,徐冬丽,王国平,等. 甘南高寒阴湿区宽幅匀播青稞“3414”肥效试验[J]. 寒旱农业科学,2024,3(4):359-363.
- [5] 张元元,冯举伶,肖婧凤,等. 青稞遗传多样性及其农艺性状与 SSR 标记的关联分析[J]. 浙江农业学报,2024,36(9): 1977-1989.
- [6] 扎次,次旦卓嘎,错色,等. 西藏冬青稞品种的产量、产量构成因素及生育期差异分析[J]. 大麦与谷类科学,2025,42(3): 28-34.

## Ganqing No.12, A New Variety of Highland Barley for Both Grain and Forage

WANG Guoping<sup>1</sup>, ZHOU Xirong<sup>1</sup>, XU Dongli<sup>1</sup>, GUO Jianwei<sup>1</sup>, ZHOU Zhizhi<sup>2</sup>, ZHANG Yulong<sup>3</sup>,  
YANG Xiaowei<sup>4</sup>, ZHANG Zhongguang<sup>1</sup>, HU Zaiqing<sup>1</sup>, ZHU Jun<sup>1</sup>, LIU Meijin<sup>1</sup>

(1. Gannan Tibetan Autonomous Prefecture Agricultural Science Research Institute, Hezuo 747000, China; 2. Lintan Seed Work Station, Lintan 747500, China; 3. Xiahe Agricultural Technology Extension Station, Xiahe 747100, China; 4. Agricultural and Rural Comprehensive Service Center of Sangba Township, Diebu County, Diebu 747400, China)

**Abstract:** The ecological environment in the Qinghai Tibet Plateau region is complex and varied, and the vegetation is fragile, making restoration difficult. However, the development base of animal husbandry in the region is relatively large, and natural vegetation cannot meet the feeding needs of cattle and sheep. As an advantageous characteristic crop in the region, highland barley can meet the supply of cattle and sheep forage during the snow-capped season through straw flexible fermentation. Moreover, the variety of highland barley that can be used for both food and forage is increasingly favored by farmers and herdsman, and the demand is constantly increasing. Ganqing No.12, a new variety of highland barley, is a dual-purpose variety for both grain and forage. It has a growth period of 111~116 days, a plant height of 99.7 cm, a full heading habit, an upright spike neck, a spike length of 6.0 cm, 41.0 grains per spike, a spike-grain weight of 1.88 g, a thousand-grain weight of about 42.2 g, yellow and oval shaped grains, and is cold and drought resistant. The grain protein content is 10.85%, starch content is 55.41%, lysine content is 0.41%, and  $\beta$ -glucan content is 6.03%. The crude protein content of straw is 8.84%, soluble sugar is 6.80%, lignin is 9.47%, neutral detergent fiber is 70.6%, and acidic detergent fiber is 39.7%. The breeding of this variety can further lay the foundation for the supply and demand of grain and forage in the agricultural pastoral transitional zone of Gannan and surrounding areas.

**Key Words:** Highland barley; Dual use of grain and forage; New variety; Ganqing No.12; Breeding

### “粮食节约,人人有责”——记 2025 年全国粮食安全宣传周

2025年10月16日是世界第45个世界粮食日(World Food Day),联合国粮食及农业组织(FAO)将今年全球活动主题确定为“手拉手共倡多样美食,聚合力同创美好未来”(Hand in Hand for Better Foods and a Better Future)。同期,我国2025年全国粮食安全宣传周(10月13日至10月19日)全国性宣传活动相应开启,主题为“粮食节约,人人有责”,中国主会场活动设于北京中国人民大学,由国家粮食和物资储备局、农业农村部、教育部、科技部、国家邮政局、共青团中央、全国妇联、北京市人民政府等多部门联合开展,联合国粮食及农业组织等机构参与,现场举行了《联合国粮食及农业组织成立八十周年》纪念邮票发行仪式,发布了《中国粮食制度史》、粮食节约减损典型案例及主题曲《粮安天下》,并宣布爱粮节粮公益宣传大使等。作为全国性宣传活动,其沿用“国家层面统筹、省-市-县分级承办”的组织模式,各地围绕“节粮减损、科普教育、品牌展示”三大板块,形成了“省-市-县-校园”四级联动、线上+线下融合的活动矩阵。全国31个省(区、市)通过线上线下联动形式,张贴海报、解读《粮食安全保障法》、推广节粮减损经验,强化全民粮食安全意识,旨在将“节粮减损就是增产增收”的理念转化为全民看得见、学得会、做得到的日常行动。

世界粮食日是联合国粮食及农业组织于1979年设立,自1981年起,每年在10月16日举行纪念活动。这一日期正是其成立的纪念日(1945年10月16日)。其设立背景源于20世纪70年代初全球粮食危机,当时气候异常与粮食抢购导致世界粮食储备告急,引发人们对粮食安全的高度关注。世界粮食日活动彰显了国际社会对粮食安全的承诺,也为个人参与提供了多元路径——从选择健康膳食、减少浪费,到支持可持续农业,每个人的行动都能为“零饥饿”目标贡献力量。

吕二锁,刘锦川,马宇,等.粮饲兼用藜麦新品种蒙科藜1号的选育及栽培要点[J/OL].大麦与谷类科学,2025,42(5):75-78(2025-08-22).  
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.05.012.

# 粮饲兼用藜麦新品种蒙科藜1号的选育及栽培要点

吕二锁,刘锦川,马宇,刘娟,赵轩微,叶君,吴晓华\*

(内蒙古自治区农牧业科学院,内蒙古呼和浩特010031)

**摘要:**蒙科藜1号是内蒙古自治区农牧业科学院作物科学研究所采用系统法选择与定向选择相结合的方法,培育成的粮饲兼用型藜麦新品种,2025年3月获得内蒙古自治区草品种审定证书(编号:蒙审-143-2024)。该品种分枝多,鲜草产量及干草产量均较高。在生产试验中平均鲜草产量、干草产量及种子产量较对照品种差异均具高度统计学意义,其中鲜草产量平均62168.59 kg/hm<sup>2</sup>,干草产量平均16528.32 kg/hm<sup>2</sup>,种子产量平均3287.62 kg/hm<sup>2</sup>。该品种具有矮秆、抗倒、早熟、抗病等特性,适宜在内蒙古呼和浩特市、包头市、乌兰察布市、赤峰市及气候相似的邻近省份春季种植。

**关键词:**藜麦;新品种;蒙科藜1号;选育

**中图分类号:**Q949.745.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1673-6486-20250068

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)为苋科藜属1年生双子叶草本植物<sup>[1]</sup>,又称为南美藜、奎奴亚藜、印第安麦、灰米、金谷子等<sup>[2]</sup>,主要起源于南美洲安第斯山区,其株高为1~3 m,根系入土深,多在高海拔地区种植栽培,具有耐干旱、耐盐碱、耐寒及耐瘠薄等生长特性,为边缘土壤的开发利用提供了更多的作物选择<sup>[3-4]</sup>。藜麦籽粒中含有多种矿物质、氨基酸和维生素等营养成分,具有均衡补充人体所需营养、增强身体机能及辅助治疗等功效,尤其适用于心脏病、高血糖、高血压和高血脂等人群食用<sup>[5]</sup>,藜麦在国际上也被誉为“粮食之母”“未来的食物”,也是素食主义者的首选食物<sup>[6-7]</sup>。

由于藜麦自身的生物学特性使其具有较强的适应能力,不仅可以在较为干旱、寒冷以及贫瘠地区生长,同样还是盐碱地区种植极具潜力的一种植物,且在生物多样性方面也得以提升<sup>[8]</sup>。内蒙古地域辽阔,生态类型丰富,能很好满足藜麦对生态条件的要求。因此,藜麦是内蒙古自治区重要的优势特色作物。2024年内蒙古自治区的藜麦种植面积近1万hm<sup>2</sup>,约占全国面积的50%。针对自治区藜麦优质品种缺乏的问题,以优质、粮草双高为主要育种目标,以内

蒙古乌兰察布市生产用种“条藜2号”为原始材料,采用系统法选育出优质、高产、适口性好、适应性强的粮饲兼用型藜麦新品种——蒙科藜1号,为内蒙古自治区乃至我国藜麦产业发展提供新的品种支撑,该品种在内蒙古东、中、西部及邻近省份具有广泛的推广应用前景。

## 1 蒙科藜1号选育经过

蒙科藜1号(籽粒淡黄色)是以内蒙古乌兰察布市生产用种“条藜2号”为原始材料。按育种目标对田间表现优良的36个单株和变异株进行了选择、单收、单脱、考种和室内筛选,在云南省加代同时进行株系鉴定,通过鉴定、评价、筛选确定综合表现优良的株系材料出圃,代号为19NF-02。2019—2024年(南繁北育),经过株系鉴定比较试验、区域试验、生产示范等选育过程,最后培育成丰产、高抗倒伏、抗病、种性一致、稳定性好、穗层整齐宜机收、综合表现优良的粮饲兼用型藜麦新品种。

2020—2021年在呼和浩特市和乌兰察布市进行了品系比较试验,地上部生物量以及综合性状均表现良好。2022—2023年在呼和浩特市玉泉区、包头市达尔罕茂明安联合旗百灵庙镇、赤峰市克什克腾旗新开地乡进行区域试验。2023—2024年在赤峰市克什克腾旗新开地乡、乌兰察布市四子王旗乌兰花镇、包头市达尔罕茂明安联合旗百灵庙镇进行多年多点生产示范。

收稿日期:2025-06-07;修回日期:2025-08-18。

基金项目:内蒙古农牧业创新基金项目(2023CXJN09)。

作者简介:吕二锁(1986—),男,博士,副研究员,主要从事藜麦遗传育种及栽培技术研究。Email: lversuo198249@163.com。

\*通信作者:吴晓华(1963—),女,研究员,主要从事藜麦遗传育种研究。Email: xhw597@163.com。

2017年	春播	“条藜2号”(原始群体)	选择优良单株(36株)
		↓	
2018年	春播	株行比较试验(36行)	“条藜2号”为对照、选择优良株行
		↓	
2019年	春播	高代品系产量鉴定试验	进一步鉴定、纯化优良株行(白粒)
		↓	
2020—2021年	春播	品系比较试验	小区种植、选择优系、纯化
		↓	
2022—2023年	春播	自治区藜麦区域试验	综合评价丰产、稳产及适应性
		↓	
2023—2024年	春播	自治区藜麦生产示范	大田验证丰产、稳产及适应性

图1 蒙科藜1号选育图

## 2 蒙科藜1号主要特征特性

### 2.1 农艺性状

蒙科藜1号是粮饲兼用型品种,株高为140~150 cm,株型紧凑,分枝数12~23个/株,茎叶茂盛,茎秆坚韧,高抗倒伏;直根系,根系发达;植株中部叶片呈鸭掌状、深绿,边缘钝圆,叶面皱起;圆锥花序,主穗长25~35 cm,穗型紧凑;籽粒扁圆形,淡黄色,千粒质量3.8~4.2 g;全生育期110~120 d,刈割期80~90 d。

### 2.2 品质特性

蒙科藜1号具有较高的饲用价值,乳熟期粗灰分含量(质量分数,下同)11.4%,粗蛋白含量16.0%,粗脂肪含量2.24%,粗纤维含量25.4%,酸性洗涤纤维含量30.2%,中性洗涤纤维含量44.5%,总磷含量0.20%,钙含量0.62%,可溶性总糖含量6.98%。

### 2.3 抗病性

蒙科藜1号中抗叶斑病和茎腐病、抗旱、耐瘠薄、适应性强。

### 2.4 产量表现

由表1可知,品种比较试验中蒙科藜1号平均鲜草产量66 183.54 kg/hm<sup>2</sup>,较对照陇藜4号增产18.46%,较原始材料条藜2号增产6.16%;平均干草产量18 349.03 kg/hm<sup>2</sup>,较对照陇藜4号增产18.87%,较原始材料条藜2号增产6.53%;平均种子产量3 602.06 kg/hm<sup>2</sup>,较对照陇藜4号增产17.54%,较原始材料条藜2号增产28.96%。

区域试验中蒙科藜1号平均鲜草产量59 435.15 kg/hm<sup>2</sup>,较对照稼祺100增产6.34%,较原始材料条藜2号增产1.79%;平均干草产量17 272.77 kg/hm<sup>2</sup>,较对照稼祺100增产6.68%,较原

始材料条藜2号增产2.11%;平均种子产量3 483.45 kg/hm<sup>2</sup>,较对照稼祺100增产11.65%,较原始材料条藜2号增产19.35%。

生产试验中蒙科藜1号平均鲜草产量62 168.59 kg/hm<sup>2</sup>,较对照稼祺100增产8.39%,较原始材料条藜2号增产4.45%;平均干草产量16 528.32 kg/hm<sup>2</sup>,较对照稼祺100增产7.62%,较原始材料条藜2号增产4.22%;平均种子产量3 287.62 kg/hm<sup>2</sup>,较对照稼祺100增产16.65%,较原始材料条藜2号增产22.35%。

## 3 蒙科藜1号栽培技术要点

### 3.1 播种

在日均气温稳定在5℃以上时进行播种(一般为4月下旬—5月下旬),尽量使花期和成熟期避开雨季。播种方式可采用覆膜穴播或露地穴播、条播等方式进行。在种子活力较高的条件下,蒙科藜1号播种量为0.25~0.40 kg/667 m<sup>2</sup>,一般采用穴播时,每穴4~6粒;行距30~60 cm,株距10~20 cm,播种深度1~3 cm,播种后适当镇压,使种子与土壤紧密结合,以利于出苗。

### 3.2 合理施肥

藜麦出苗对水分依赖较大,播前应做好灌溉,干旱地区需根据墒情或遇雨抢墒播种。结合整地,施足底肥,若前茬作物施用除草剂,需加大翻耕深度。施足底肥,一般施农家肥1.5~3.0 t/667 m<sup>2</sup>,化肥以磷酸二铵12~18 kg/667 m<sup>2</sup>、尿素5.0 kg/667 m<sup>2</sup>、硫酸钾3~5 kg/667 m<sup>2</sup>作基肥,东部旱区可用复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的质量比为15:20:10,总养分含量≥45%)15~20 kg/667 m<sup>2</sup>作基肥。

表1 蒙科藜1号产量结果

试验类别	项目	蒙科藜1号产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	对照(CK)产量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	条藜2号产量(原始材料)/ (kg/hm <sup>2</sup> )	较对照增产/ %	较原始材料增产/ %
品比试验	鲜草	66 183.54 aA	55 870.26 cC	62 341.54 bB	18.46	6.16
	干草	18 349.03 aA	15 436.48 cC	17 223.83 bB	18.87	6.53
	种子	3 602.06 aA	3 064.56 bB	2 793.30 cC	17.54	28.96
区域试验	鲜草	59 435.15 aA	55 890.14 bB	58 389.12 aA	6.34	1.79
	干草	17 272.77 aA	16 191.86 cB	16 915.89 bA	6.68	2.11
	种子	3 483.45 aA	3 119.89 bB	2 918.78 cC	11.65	19.35
生产试验	鲜草	62 168.59 aA	57 356.89 cC	59 522.31 bB	8.39	4.45
	干草	16 528.32 aA	15 357.60 cC	15 858.42 bB	7.62	4.22
	种子	3 287.62 aA	2 818.46 bB	2 686.99 cC	16.65	22.35

注:多重比较采用新复极差法;表中同行数据后不同小写字母、大写字母分别表示差异有统计学意义( $P < 0.05$ )、高度统计学意义( $P < 0.01$ )。

### 3.3 田间管理

目前没有藜麦专用除草剂,以人工或机械除草为主。建议整个生育期中耕培土2~3次,中耕深度以松土而不损伤根系为原则,在苗期(5~6叶或株高10~20 cm时)进行第1次除草培土,初花期(株高40 cm左右时)进行第2次中耕除草培土,第3次中耕除草根据藜麦生长和杂草情况灵活实行。若覆膜栽培可按照上述时期清理膜间与穴孔中的杂草。

坚持“农业防治、物理防治为主,化学防治为辅”的原则,重点防治藜麦霜霉病、叶斑病、根(茎)腐病、跳甲、蛴螬、草地螟等常见病虫害。首先选择抗病品种是防治病害发生的有效途径之一,并在播种前可进行种子消毒处理,土传病害或地下害虫频发的地区进行种子包衣;地上害虫采用茎叶喷施杀虫剂8%高效氯氰菊酯25 mL/667 m<sup>2</sup>或10%三氟氯氰菊酯20 mL/667 m<sup>2</sup>等,对水15.0 kg/667 m<sup>2</sup>茎叶喷施防治;若预防根蛆发生主要采取农业措施防治,如及早耕翻土地、不施用未经腐熟的粪肥和饼肥,在发现种蝇后及时采用灌水等措施,化学防治可施用40%乐果乳油等农药。

### 3.4 适时收获

因藜麦种子活性较强,成熟期收获不及时,籽粒遭遇连降雨极易穗发芽,导致籽粒品质降低。因而在藜麦植株叶片变红或变黄、叶片多数脱落、茎

秆开始变干、种子进入蜡熟后期时,及时收获,防止雨淋受潮。为保证藜麦品质,收获前须将病穗、杂株去除,收割后可及时拉运摊晒,防霉烂、变质,可采用人工收割或联合收割机收获,脱粒后及时晾晒或烘干,当籽粒含水量 $\leq 13\%$ 时清选、打包入库,贮藏于通风干燥处,避免受潮霉变。

### 参考文献:

- [1] 黄杰,杨发荣,刘文瑜,等. 藜麦新品种陇藜3号选育报告[J]. 农业科技与信息,2020(15):5-7,10.
- [2] 向永刚,白静,王雪飞,等. 黑藜品种冀藜5号选育技术研究[J]. 农业技术与装备,2023(5):26-27,30.
- [3] 王迪,刘瑞香,郭占斌,等. 41份藜麦种质材料的主要农艺性状研究[J]. 绿色科技,2022,24(11):5-9.
- [4] 吕二锁,吴晓华,刘志萍,等. 藜麦种质资源氨基酸组成及营养价值分析[J]. 种子,2025,44(1):112-117.
- [5] 李荣波,李昌远,李长亮,等. 藜麦:小杂粮作物的后起之秀[J]. 中国农技推广,2017,33(10):14-17.
- [6] 马成云. 临夏州藜麦种植现状及发展建议[J]. 农业科技与信息,2021(7):51-53.
- [7] 陈翠萍,闫殿海,左皓南,等. 青海47份藜麦种质资源农艺性状分析[J]. 青海大学学报,2021,39(4):18-25.
- [8] JACOBSEN S E, MUJICA A, JENSEN C R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors[J]. Food Reviews International, 2003, 19(1/2):99-109.

# Breeding and Cultivation Points of New Grain and Forage Quinoa Variety Mengkeli No.1

LYU Ersuo, LIU Jinchuan, MA Yu, LIU Juan, ZHAO Xuanwei, YE Jun, WU Xiaohua  
(Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China)

**Abstract:** Mengkeli No.1 is a new grain-forage quinoa cultivar which was bred by Institute of Crop Science of Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences through pedigree method and orthoselection. In March 2025, it obtained the certificate of grass variety approval in Inner Mongolia Autonomous Region (Number: Mengshen -143-2024). It has many branches, high the fresh grass yield and hay yield. In the production test, the average fresh grass yield, hay yield and seed yield were significantly different from those of the CK. The average fresh grass yield was 62 168.59 kg/hm<sup>2</sup>, the average hay yield was 16 528.32 kg/hm<sup>2</sup>, and the average seed yield was 3 287.62 kg/hm<sup>2</sup>. It has the characteristics of dwarf, lodging resistance, early maturity and disease resistance. It is suitable for spring planting in Hohhot, Baotou, Ulanqab, Chifeng and neighboring provinces with similar climate in Inner Mongolia.

**Key Words:** Quinoa; New variety; Mengkeli No.1; Breeding

## 欢迎订阅 2026 年《大麦与谷类科学》

《大麦与谷类科学》是《中国期刊全文数据库》《中文科技期刊数据库》《中国核心期刊(遴选)数据库》全文收录期刊、超星域出版平台全文收录期刊、《中国学术期刊综合评价数据库》统计源期刊、国家科技学术期刊开放平台全文收录期刊、原国家新闻出版广电总局首次认定 A 类学术期刊。江苏省一级期刊、2017 年度江苏省精品科技期刊, CACJ 中国应用型扩展期刊(2023 版), OA 开放获取典范期刊(维普资讯)。

《大麦与谷类科学》由江苏省农业科学院主管、江苏沿海地区农业科学研究所主办,是中国作物学会大麦专业委员会与江苏省农学会学术性期刊,内容具有创新性、应用性、系统性、导向性,主要报道大麦、小麦、水稻、玉米、高粱、谷子等谷类作物的研究动态和科研成果,内设栏目有:综述与报告(专家视点)、生理与生态、栽培与育种、土肥与植保、贮藏与加工、资源与环境、种业创新、现代大农业、乡村振兴、简讯与信息、人物介绍等。主要作者与读者为从事农业科研与农技推广的科技人员、农业企业经营管理人员、农业大中专院校师生等。

本刊为双月刊,大 16 开本。国内外公开发行,中国标准连续出版物号 CN32-1769/S、ISSN 1673-6486。国内每期定价 15.00 元,全年 6 期共 90.00 元,自办发行。

欢迎赐稿,欢迎订阅。可随时直接与本编辑部联系。

电 话:0515-88330625

电子信箱:damkx@163.com

邮局汇款:《大麦与谷类科学》杂志编辑部

银行汇款:江苏沿海地区农业科学研究所

账 号:10-400901040004637

网 址:<http://damkx.cbpt.cnki.net>

邮 编:224002

地 址:江苏省盐城市开放大道北路 9 号

开户行:盐城市农行建中支行

用 途:订阅费或编审费