

李 凡,陈 春,郭新亚,等. 黄淮稻区水稻抽穗期基因 *Hd1* 多态性分析及关键位点分子标记开发[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4): 1-9(2025-08-13). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.001>.

黄淮稻区水稻抽穗期基因 *Hd1* 多态性分析及关键位点分子标记开发

李 凡,陈 春,郭新亚,王飞飞,陈卫军*

(江苏省农业科学院宿迁农科所,江苏 宿迁 223800)

摘要:抽穗期是水稻关键农艺性状之一。为明确黄淮稻区水稻品种关键穗期调控基因 *Hd1* 变异类型多态性及不同基因型对抽穗期的调控效应,本研究对黄淮稻区 54 个水稻品种的 *Hd1* 基因全序列进行测序及突变位点比对分析,并对携带不同 *Hd1* 基因型的水稻抽穗期及成熟期进行测量分析。结果表明:参试品种中共检测到与参照品种 *Ginbouzu* 基因型存在差异的 12 处变异位点,组成 Type A—H 共 8 种不同的基因型。Type A 基因型在 3 个粳稻品种中被检测到;Type B 基因型在 10 个粳稻品种中被检测到;Type C 基因型在 2 个日本引进粳稻品种中被检测到;Type D 基因型在 3 个粳稻品种中被检测到;Type E 基因型仅在 1 个粳稻品种中被检测到;Type F、Type G、Type H 基因型仅在籼稻品种中被检测到;其余 28 个品种携带 *Ginbouzu Hd1* 基因型。Type A 基因型对水稻成熟期有显著提前作用,但对抽穗期提前效果不显著;Type B 基因型对水稻抽穗期及成熟期均有显著延迟作用;Type C 和 Type D 基因型对水稻抽穗期及成熟期均有显著提前作用。针对促进提前抽穗的 Type D 基因型开发分子标记并验证,Type D 基因型扩增条带 107 bp, *Ginbouzu* 基因型扩增条带 150 bp,可实现 2 种不同功能基因型的有效检测区分。

关键词:抽穗期; *Hd1*; 等位基因; 调控效应; 分子标记

中图分类号: S511

文献标志码: A

文章编号: 1673-6486-20250074

水稻 (*Oryza sativa*) 是我国主要的粮食作物^[1]。抽穗期是水稻重要的农艺性状,也是决定水稻种植区域、种植时间的关键因素^[2]。在稻麦周年轮作的背景下,选育抽穗期和熟期适宜的品种成为保障稻麦茬口衔接、实现稻麦周年高效生产的重要途径^[3]。

水稻抽穗期由多个基因协同控制,目前已克隆到的水稻穗期调控基因数量已超过 13 个^[4]。研究表明,水稻抽穗调控网络主要有 2 条: *OsGI-Hd1-Hd3a* 途径和 *Ghd7-Ehd1-Hd3a/RFT1* 途径^[5]。 *Heading date 1 (Hd1)* 是水稻抽穗期关键调控基因之一,该基因位于水稻第 6 染色体上,全长 1 224 bp,编码 1 个长度为 407 个氨基酸的含有锌指结构和 CCT 结构的蛋白,是拟南芥 *Constans (CO)* 基因的同源基因^[6]。 *Hd1* 在水稻抽穗的调控过程中具有双重功能:在短日照条件下可作为抽穗促进因子,通过促进下游成花素基因 *Hd3a* 的表达,实现水稻抽穗期提前;而在长日照条件下则可作为抽穗抑制因子,通过抑制

Hd3a 的表达实现水稻抽穗期延迟^[9]。除此之外, *Hd1* 还可以与 *Ghd7* 互作并抑制 *Ehd1* 基因表达,从而通过另一条途径来实现水稻抽穗期的调控^[7]。 *Hd1* 基因上游则受到节律相关基因 *OsGI* 的正向调控,另有研究表明 *HAF1* (heading date associated factor 1) 介导的泛素化途径也会参与 *Hd1* 表达调控^[8]。

抽穗期基因的碱基突变是水稻品种间抽穗期存在差异的重要原因, *Hd1* 基因作为不同光周期条件下水稻抽穗期调控的关键基因之一,存在多种基因突变类型。Takashi 等对非洲、欧洲及东南亚地区的 64 份种质资源 *Hd1* 基因进行了多样性分析^[9],然而其尚未涉及对我国栽培稻中基因变异类型差异及对抽穗期调控效应的检测,且未开发相应分子标记。明确 *Hd1* 等位基因变异多态性及不同变异类型对我国水稻抽穗期的调控效应,对水稻抽穗期调控机制研究与穗期适宜的水稻新品种培育具有重要意义。

本研究对我国黄淮稻区的 54 份水稻品种的 *Hd1* 基因进行克隆测序,以粳稻品种 *Ginbouzu* 携带的长日照条件下延迟抽穗的强功能基因型^[9]为参照,开展 *Hd1* 基因型突变位点检测及多态性分析,并进一步明确不同 *Hd1* 基因型对水稻抽穗期的调控效应,最后针对筛选出的关键 *Hd1* 基因型开发特

收稿日期: 2025-06-30; 修回日期: 2025-08-11。

基金项目: 宿迁市科技计划 (K202243)。

作者简介: 李 凡 (1992—), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事水稻分子育种研究。Email: Lifan92102@163.com。

* 通信作者: 陈卫军 (1969—), 男, 研究员, 主要从事水稻育种与栽培技术研究。Email: shd5391425@sina.com。

定分子标记,可为水稻穗期基因与种质资源高效利用提供理论依据及检测工具,助力抽穗期和熟期适宜的水稻新品种精准选育。

1 材料与方法

1.1 供试材料

水稻品种共 54 份,其中包括黄淮稻区种植的粳稻品种 45 份、由日本引进的粳稻品种 2 份、籼稻

品种 7 份。

1.2 *Hd1* 基因多态性检测

将各水稻品种于实验室内发苗并收集幼嫩组织,每个品种采集个体数量 ≥ 6 株,利用 TPS 法(Tris Buffered Potassium Saline)分别提取各品种基因组 DNA^[10]。参照前人报道^[11],以水稻品种 Ginbouzu 携带的强功能型 *Hd1* 基因序列为模板,设计 *Hd1* 基因分段扩增引物(表 1),引物由南京擎科生物科技有限公司制备。

表 1 水稻 *Hd1* 基因扩增引物

基因片段	引物名称	引物序列(5'→3')
<i>Hd1</i> -1	<i>Hd1</i> -1F	AGAGCCATGCGAGGTAGAGGAACA
	<i>Hd1</i> -1R	CTTTGGAGAGGAGAAGCCAAG
<i>Hd1</i> -2	<i>Hd1</i> -2F	CTTGGCTTCTCTCTCCAAAG
	<i>Hd1</i> -2R	GTCAACTGGTCTGCCTAAAG
<i>Hd1</i> -3	<i>Hd1</i> -3F	CTTTAGGCAGACCAGTTGAC
	<i>Hd1</i> -3R	TCTAGAACTACTCCCCTGGATC

PCR 反应体系:PCR 酶 1.0 μL ,PCR Buffer (含 Mg^{2+} 、dNTP plus)25.0 μL ,引物各 1.0 μL ,DNA 模板 1.0 μL ,ddH₂O 21.0 μL ,PCR 反应试剂盒为 Tks-Gflex™ DNA 聚合酶。PCR 反应程序:94 $^{\circ}\text{C}$ 预变性 1 min; 98 $^{\circ}\text{C}$ 变性 10 s,60 $^{\circ}\text{C}$ 退火 15 s,68 $^{\circ}\text{C}$ 延伸 1 min,35 个循环;4 $^{\circ}\text{C}$ 保存。PCR 产物送往南京擎科生物科技有限公司进行测序。

1.3 *Hd1* 基因差异位点对比分析

将各品种 *Hd1* 基因分段测序结果进行序列拼接,使用 Jalview 软件(2.11.4.1 版本)Alignment 功能对拼接后的序列进行比对及分类,使用 SMS 序列处理在线工具包(网址为 <http://www.bio-soft.net/sms/>)对各 DNA 序列进行氨基酸翻译;使用 MEGA 软件(11.0.13 版本)进行各品种氨基酸序列比对及系统发育树构建。

1.4 各水稻品种抽穗期与成熟期测定及效应分析

各水稻品种于 2024 年 5 月 22 日播种,经育秧 30 d 后移栽至江苏省农业科学院宿迁农科所三庄水稻基地(118°40' E、33°49' N),期间观察记录各品种抽穗期与成熟期。以植株主穗抽出叶鞘 1 cm 时作为始穗时间,将始穗时间减去播种时间(d)作为抽穗期。使用 SPSS 26.0 分析软件对不同基因型抽穗期、成熟期数据进行单因素方差分析($P < 0.05$ 视为

差异具统计学意义)。

2 结果与分析

2.1 水稻 *Hd1* 基因型多态性分析

在参试的 54 个水稻品种中,有 28 个品种 *Hd1* 基因型与 Ginbouzu 携带的长光照条件下延迟抽穗的强功能 *Hd1* 基因型完全一致。在其余品种中共检测到与 Ginbouzu 携带的强功能 *Hd1* 基因型不同的 12 个变异位点,分别为 131、248、316、328、440、531、650、744、871、933、1 089、1 195 bp(表 2),这些变异位点共组成 8 种与 Ginbouzu 不同的 *Hd1* 基因型,本研究将其分别命名为 Type A—H。

Type A 基因型在 131 bp 处碱基由 T 突变为 G,导致氨基酸第 44 位由缬氨酸(V)突变为甘氨酸(G),蛋白质翻译产物仅发生 1 个氨基酸的替换,共有 3 个粳稻品种被检测到携带 Type A 基因型;Type B 基因型 316 bp 处碱基由 T 突变为 C,导致氨基酸第 106 位由酪氨酸(Y)突变为组氨酸(H);蛋白质翻译产物仅发生 1 个氨基酸的替换,共有 10 个粳稻品种被检测到携带 Type B 基因型(图 1),Type A 和 Type B 蛋白质产物长度与 Ginbouzu 携带的强功能 *Hd1* 基因型一致,均为 407Aa(图 2-A)。

表 2 各水稻品种 *Hd1* 基因差异位点

序号	品种名	差异位置 (以 Ginbouzu 为对照)											
		131 bp	248 bp	316 bp	328~363 bp	440 bp	531 bp	650 bp	744~786 bp	871~873 bp	933 bp	1 089~1 092 bp	1 195 bp
对照	Ginbouzu	T	GC	T	存在 36 bp	A	C	G	存在 43 bp	存在 2 bp	A	存在 4 bp	G
1	金梗 2299	缺失 43 bp											
2	新粮 309												
3	临稻 7108												
4	新香梗 2 号												
5	悦农稻 918												
6	金玉香稻 698	T→C											
7	信梗糯 368												
8	金梗 6878	缺失 43 bp											
9	春梗 1677	T→C											
10	徐稻 3 号												
11	嘉 66												
12	新丰 296	T→C											
13	圣稻 60												
14	新香梗 3 号	T→G											
15	武运 2036												
16	扬梗 368	缺失 2 bp											
17	宁 6602	A→C											
18	扬农梗 2054	G→A											
19	丰梗 236	T→C											
20	日本晴	T→C											
21	宁梗 40	缺失 36 bp											
22	越光	T→C											
23	迁梗 102	缺失 43 bp											
24	盐梗 3315												
25	武科梗 2010												
26	武香梗 168	T→C											

(续表)

序号	品种名	差异位置(以 Ginbouzu 为对照)											
		131 bp	248 bp	316 bp	328~363 bp	440 bp	531 bp	650 bp	744~786 bp	871~873 bp	933 bp	1 089~1 092 bp	1 195 bp
对照	Ginbouzu	T	GC	T	存在 36 bp	A	C	G	存在 43 bp	存在 2 bp	A	存在 4 bp	G
27	武运粳 2487			T→C									
28	润农 808												
29	苏粳 1237												
30	武粳 3258												
31	宁粳 3310												
32	连粳 2239												
33	垦稻 302												
34	苏粳 2368												
35	垦稻 385												
36	武香糯 2323												
37	泗稻 22143	T→G											
38	迁粳 1023												
39	泗稻 301												
40	金粳 919	T→G											
41	圣稻 19												
42	中旗 027												
43	镇糯 19												
44	镇稻 4105			T→C									
45	武育 6296												
46	徽软香			T→C									
47	镇稻 9053			T→C									
48	华占		GC→AA	T→C		A→G				缺失 2 bp	A→C		
49	农香 40			T→C			C→G	G→A					
50	美香占 2 号			T→C			C→G	G→A					
51	五山丝苗		GC→AA	T→C		A→G				缺失 2 bp	A→C	缺失 4 bp	
52	慧择			T→C			C→G	G→A					
53	R1902		GC→AA	T→C		A→G				缺失 2 bp	A→C	缺失 4 bp	
54	浙杭优 11		GC→AA	T→C			C→G	G→A		缺失 2 bp			G→A

注:表中为各品种 *Hd1* 基因与 Ginbouzu 中 *Hd1* 基因的序列差异情况,空白表明该位置序列与 Ginbouzu 基因型一致;“→”表明该位置发生碱基替换;“缺失”表明该位置出现对应长度的碱基片段缺失。

Type C 基因型除了 316 bp 处碱基突变导致氨基酸第 106 位由组氨酸(H)突变为酪氨酸(Y)外,其 328 bp 处还缺失 36 bp 碱基大片段(图 1),未形成移码突变,但导致蛋白质翻译产物的锌指结构处(氨基酸序列第 110~111 位)缺失 12 个氨基酸(图 2-A)。共有 2 个日本引进品种被检测到携带 Type C 基因型(图 1)。

Type D 基因型 744 bp 处出现 43 bp 碱基缺失(图 1),形成移码突变,导致氨基酸自第 248 位无法正常编码,且提前形成终止密码子,蛋白质产物长度仅为 259 Aa,完全缺失 CCT 结构域(图 2-A)。共有 3 个粳稻品种被检测到携带 Type D 基因型(图 1)。

Type E 基因型包含 3 处突变:871 bp 处出现 2 bp 碱基缺失,导致氨基酸自第 291 位出现移码突变;933 bp 处碱基由 A 突变为 C;1 195 bp 处碱基由 G 突变为 A(图 1)。由于 871 bp 处已出现移码突变,并提前形成终止密码子,因此自 291 位氨基酸后开始编码错误序列,且蛋白质产物长度仅为 353 Aa,完全缺失 CCT 结构域(图 2-A)。参试品种仅有 1 个粳稻品种被检测到携带此基因型(图 1)。

Type F 基因型包含 6 处突变:248 bp 处碱基由 GC 突变为 AA,导致氨基酸第 83 位由精氨酸(R)突变为谷氨酰胺(Q);316 bp 处碱基由 T 突变为 C,导致氨基酸第 106 位由组氨酸(H)突变为酪氨酸(Y);440 bp 处碱基由 A 突变为 G,导致氨基酸第 147 位由天冬氨酸(D)突变为甘氨酸(G);871 bp 处出现 2 bp 碱基缺失;933 bp 处碱基由 A 突变为 C;1 089 bp 处出现 4 bp 碱基缺失(图 1)。由于 871 bp 处形成移

码突变,在 1 060~1 062 bp 处提前形成终止密码子,导致氨基酸序列自第 291 位后编码错误,且蛋白质产物总长度仅为 353 Aa(图 2-A),共有 3 个粳稻品种被检测到携带 Type F 基因型(图 1)。

Type G 基因型包含 2 处突变:531 bp 处碱基由 C 突变为 G,导致氨基酸第 177 位由天冬酰胺(N)突变为赖氨酸(K);650 bp 处碱基由 G 突变为 A,导致氨基酸第 217 位由精氨酸(R)突变为谷氨酰胺(Q)(图 1)。蛋白质翻译产物共发生 2 个氨基酸的替换,蛋白质产物长度与 Ginbouzu 携带的强功能 *Hd1* 基因型一致,均为 407 Aa(图 2-A)。共有 3 个粳稻品种被检测到携带 Type G 基因型(图 1)。

Type H 基因型包含 6 处突变:248 bp 处碱基由 GC 突变为 AA,导致氨基酸第 83 位由精氨酸(R)突变为谷氨酰胺(Q);316 bp 处碱基由 T 突变为 C,导致氨基酸第 106 位由组氨酸(H)突变为酪氨酸(Y);531 bp 处碱基由 C 突变为 G,导致氨基酸第 177 位由天冬酰胺(N)突变为赖氨酸(K);650 bp 处碱基由 G 突变为 A,导致氨基酸第 217 位由精氨酸(R)突变为谷氨酰胺(Q);871 bp 处出现 2 bp 碱基缺失,1 195 bp 处碱基由 G 突变为 A(图 1)。由于 871 bp 处形成移码突变,在 1 060~1 062 bp 处提前形成终止密码子,导致氨基酸序列自第 291 位后编码错误,且蛋白质产物总长度仅为 353Aa(图 2-A)。仅有 1 个粳稻品种被检测到携带 Type H 基因型。另外有 28 个粳稻品种的 *Hd1* 基因型与 Ginbouzu 携带的强功能基因型一致(图 1)。

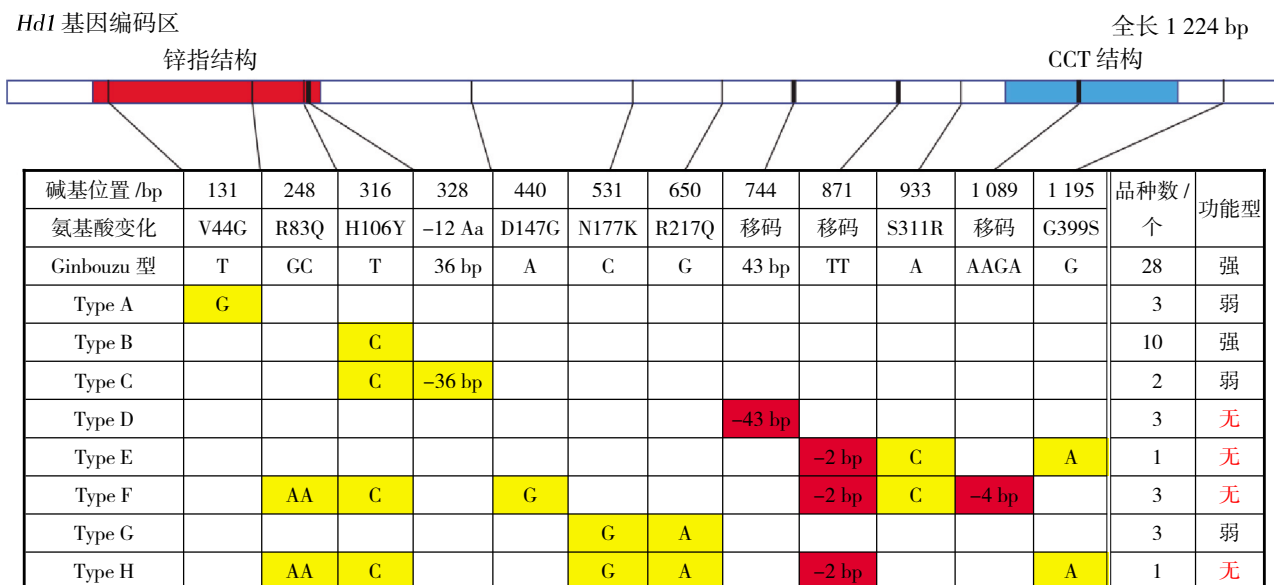
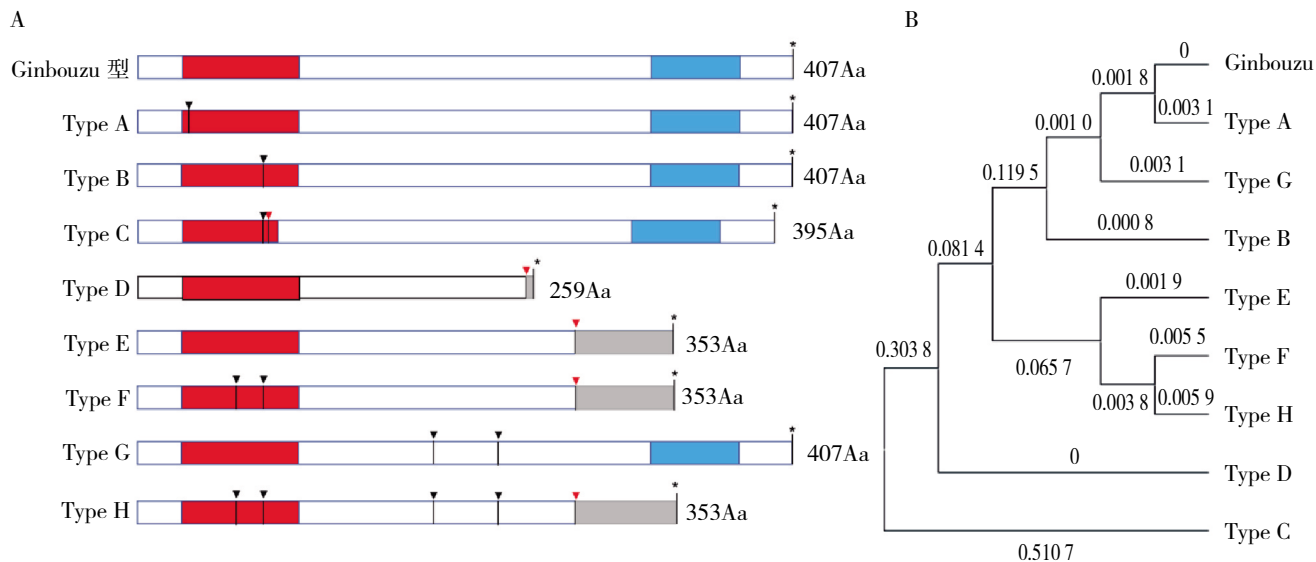


图 1 *Hd1* 基因各突变类型

对 *Hd1* 各基因型氨基酸序列进行系统发育树分析, Type A 与 Ginbouzu 型亲缘关系最近; 其次是 Type G 和 Type B, 这 3 种基因型均为点突变; Type

E、Type F 和 Type H 与 Ginbouzu 亲缘关系相对较远; Type C、Type D 与 Ginbouzu 亲缘关系最远, 二者均发生了较长片段的碱基缺失(图 2-B)。



A: *Hd1* 各基因蛋白质结构差异图。红色方形部分为锌指结构域, 蓝色方形部分为 CCT 结构域, 灰色方形部分为氨基酸错误编码区域, 黑色三角表示点突变位点, 红色三角表示片段缺失位点, 星号为终止密码子位置, 右侧数字为氨基酸长度。B: *Hd1* 各基因型系统发育树。各基因型分支彼此距离远近代表进化关系远近, 图中数字表示各基因型间遗传距离

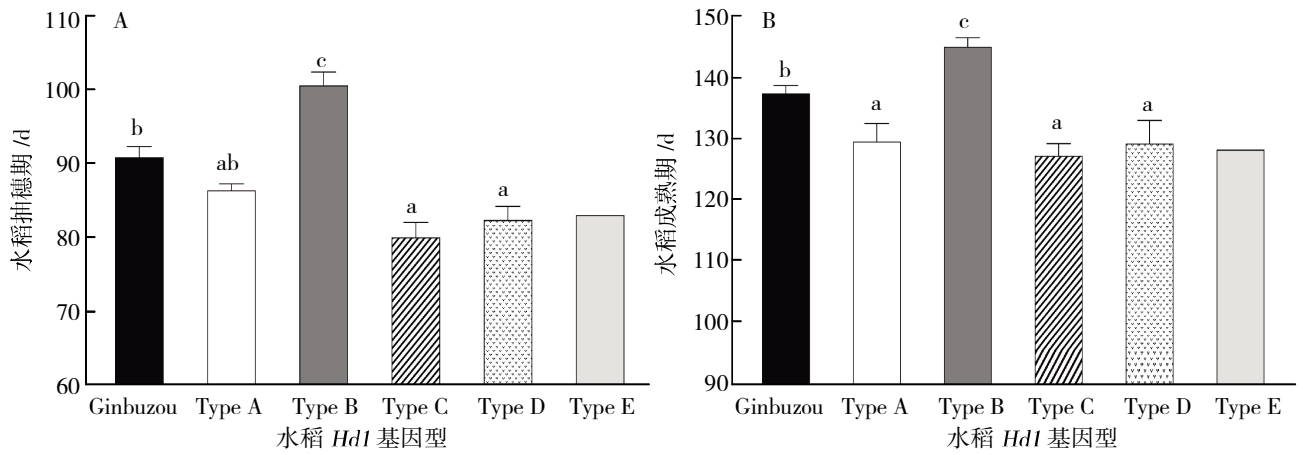
图 2 *Hd1* 各基因型蛋白结构差异及系统发育树

2.2 不同 *Hd1* 基因型对水稻抽穗期及成熟期调控效应分析

对不同 *Hd1* 基因型的水稻品种进行抽穗期检测, 结果如图 3-A 所示: 携带 Ginbouzu 强功能型 *Hd1* 的品种平均抽穗期为 90.8 d, 携带 Type A 基因型的品种平均抽穗期为 86.3 d, 比 Ginbouzu 型早抽穗 4.5 d, 但单因素方差分析两者间的差异无统计学意义 ($P = 0.275$), 表明 Type A 基因型的单点突变对抽穗期有一定提前作用, 但作用不明显。携带 Type B 基因型的品种平均抽穗期为 100.5 d, 比 Ginbouzu 型的抽穗期晚 9.7 d, 且两者间的差异具统计学意义 ($P < 0.05$), 这表明 Type B 基因型进一步增强了 *Hd1* 基因长光照条件下延迟抽穗的功能, 对抽穗期有较强的延迟作用。携带 Type C 基因型的品种抽穗期为 80.0 d, 显著早于 Ginbouzu 型的抽穗期 10.8 d ($P = 0.031$), 表明 Type C 基因型的长片段突变减弱了 *Hd1* 短光照条件下延迟抽穗的功能, 对抽穗期有较强的提前作用。携带 Type D 基因型的品种抽穗期为 82.0 d, 显著早于 Ginbouzu 型的抽穗期 8.8 d ($P = 0.035$), 表明 Type D 基因型的长片段突变对抽穗期有较强的提前作用。另外, 携带 Type C 型和 Type D 型的水稻品种抽穗期与携带 Type B 型的抽穗期差异具统计学意

义, 进一步说明 Type B 基因型对水稻抽穗期有一定的提前作用。携带 Type E 基因型的品种抽穗期为 83.0 d, 短于 Ginbouzu 型, 但由于品种数仅为 1, 未进行单因素方差分析。

对不同 *Hd1* 基因型水稻品种的成熟期进行检测, 结果如图 3-B 所示: 携带 Ginbouzu 强功能型 *Hd1* 的品种平均成熟期为 137.2 d, 携带 Type A 基因型的品种平均成熟期为 129.3 d, 显著早于 Ginbouzu 型 7.9 d ($P = 0.046$), 表明 Type A 基因型对水稻整个成熟期有明显缩短作用。携带 Type B 基因型的品种平均成熟期为 144.8 d, 显著晚于 Ginbouzu 型 7.6 d ($P = 0.002$), 这表明 Type B 基因型对整个水稻成熟期也有显著的延迟作用。携带 Type C 基因型的品种成熟期为 127.0 d, 显著早于 Ginbouzu 型的成熟期 10.2 d ($P = 0.032$), 表明 Type C 基因型对水稻整个成熟期也有较强的提前作用。携带 Type D 基因型的品种成熟期为 129.0 d, 显著早于 Ginbouzu 型的成熟期 8.2 d ($P = 0.038$), 表明 Type D 基因型的长片段突变对整个成熟期也有较强的提前作用。携带 Type E 基因型的品种成熟期为 128.0 d, 短于 Ginbouzu 型, 但由于样本数仅为 1, 未进行单因素方差分析。



柱状图上方的不同小写字母表明处理间差异具统计学意义($P < 0.05$)

图 3 不同 Hd1 基因型水稻抽穗期(A)与成熟期(B)比较

2.3 Hd1 基因型分子标记开发

基于上述试验结果,本研究对抽穗期提前作用较强的 Type D 基因型进行分子标记设计。基于 Type D 基因型中 43 bp 的碱基缺失,在突变两侧分别设计上、下游引物(表 3),携带 Ginbouzu 强功能

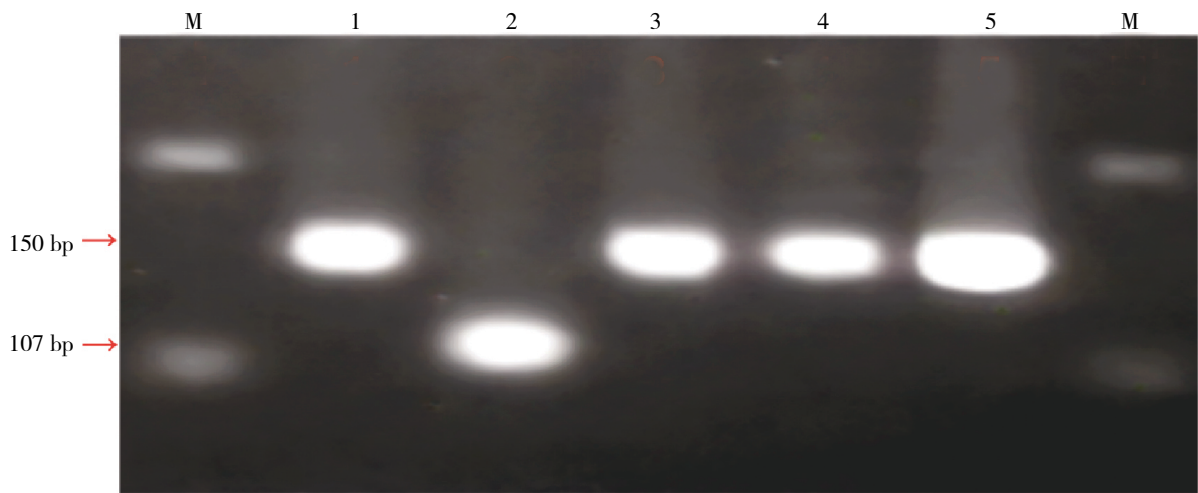
基因型可扩增出长度为 150 bp 的 PCR 产物,携带 Type D 基因型因缺失 43 bp 碱基,可扩增出长度为 107 bp 的 PCR 产物,通过琼脂糖凝胶电泳可实现基因型的区分。

表 3 水稻 Hd1 分子标记引物

引物名称	引物序列(5'→3')
Hd1D-F	GCAGAGAAGGAAGGGAGCGAG
Hd1D-R	GCTGTTGCTGATGGAATCTG

利用携带不同基因型的水稻品种对分子标记进行测试验证,携带 Ginbouzu 基因型的泗稻 301、圣稻 19、中旗 027 和武育 6296 均扩增出 150 bp 条

带,携带 Type D 基因型的宁梗 40 扩增出 107 bp 条带(图 4),表明该分子标记可有效区分 Type D 早抽穗基因型与 Ginbouzu 晚抽穗基因型。



M—Marker; 1—5 分别为泗稻 301、宁梗 40、圣稻 19、中旗 027 和武育 6296

图 4 不同 Hd1 基因型分子标记产物电泳结果

3 讨论与结论

抽穗期决定了水稻品种的种植区域、种植时间以及茬口和轮作方式^[12],是水稻的关键农艺性状之一。水稻抽穗期受到多个基因调控,其中 *Hd1* 基因是调控水稻穗期的关键基因之一^[6]。明确 *Hd1* 不同基因型的分布及对抽穗期的调控效应,对穗期调控基因资源的高效利用和适宜不同地区种植的水稻新品种精准培育具有重要意义。

本研究对 54 个水稻品种的 *Hd1* 基因进行测序,并以 Ginbouzu 携带的在长日照条件下延迟抽穗的强功能 *Hd1* 基因型^[9]为参照进行差异位点比对。其中 26 个品种检测出 12 个与 Ginbouzu 基因型存在差异的位点,共组成 8 种不同基因型,表明 *Hd1* 基因型突变存在较为广泛且多样性丰富。然而 Type A、Type B、Type D 和 Type E 仅存在于粳稻品种中,Type C 基因型仅存在于日本引进的 2 份材料中,而 Type F、Type G 和 Type H 基因型仅存在于籼稻材料中,其中 Type F 和 Type H 亲缘关系较近。另外,籼稻材料中未检测到粳稻 Ginbouzu 基因型,表明籼、粳稻和不同地域间 *Hd1* 基因交流较少。这可能是由于 *Hd1* 基因属于感光性基因^[6],携带不同基因型的材料对不同地域间日照时长差异敏感,且扬花传粉时间存在差异,从而限制了不同基因型的交换^[13]。有研究表明不同地域及纬度间抽穗期相关调控基因型分布存在明显差异^[9],本文与该研究结果一致。后续可人为开展不同地域及不同亚种间 *Hd1* 基因互相导入,以加快对水稻抽穗期基因多样性的利用。

Type A 基因型于 131 bp 处出现单碱基突变,导致其蛋白质翻译产物在第 44 个氨基酸处发生替换,但总长度与 Ginbouzu 型一致。此突变位点在非洲、东南亚及欧洲等地的水稻材料中尚未被检测到^[9],可能是我国水稻品种独有的基因型。对该基因型的穗期及熟期调控效应分析表明,该基因型相较于 Ginbouzu 强功能基因型,对抽穗期的提前效应不显著。可能由于点突变通常无法使基因完全丧失功能^[14],在保留了一定程度的长光照条件下抑制抽穗作用。Type B 基因型于 316 bp 处出现单碱基突变,导致其蛋白质翻译产物在第 106 个氨基酸处发生替换,但总长度与 Ginbouzu 型一致。携带 Type B 基因型的水稻品种相较于 Ginbouzu 强功能基因型,抽穗期和成熟期更为延迟。表明该点突变可能进一步提升了 *Hd1* 在长光照条件下对抽穗的抑制作用,蛋白质二

级结构预测表明,该突变可能增长了其蛋白产物中第 2 个 β - 折叠的长度,继而影响 *Hd1* 蛋白的结构活性^[15],具体作用机制有待于进一步探究。Type C 基因型除了 316 bp 处单碱基突变外,还在 328 bp 处存在 36 bp 的碱基缺失,导致其蛋白质产物在锌指结构处缺失 12 个氨基酸,从而严重影响了 *Hd1* 基因的功能^[6]。穗期及熟期调控效应分析表明,Type C 基因型相较于 Ginbouzu 强功能基因型,对抽穗期和成熟期均有显著提前效应。该基因型仅存在于日本晴和越光 2 个引进品种中,可能是日本水稻品种特有的突变类型。Type D 基因型于 744 bp 处出现 43 bp 缺失的移码突变,导致其蛋白质翻译提前终止,完全缺失 CCT 结构域,为无功能基因型。Type D 基因型相较于 Ginbouzu 强功能基因型,对抽穗期和成熟期均有显著提前效应,此突变位点在非洲、东南亚及欧洲等地的水稻材料中尚未被检测到^[9],可能是我国水稻品种独有的基因型,可以作为关键基因型加以利用。本研究针对该基因型进一步设计分子标记并加以验证,可用于基因型大规模快速鉴定及辅助田间育种筛选^[16]。Type E 基因型于 871 bp 处出现 2 bp 缺失的移码突变,导致其蛋白质翻译提前终止,完全缺失 CCT 结构域。但由于该基因型仅在扬粳 368 中出现,无法进行统计学分析。后续需进一步收集水稻材料,或通过基因编辑及近等基因系构建等手段^[17-18],验证该基因型对水稻抽穗期及熟期的调控作用。除此之外,Type E 基因型 1 195 bp 处存在 G→A 单碱基突变,这与籼稻 Type H 基因型一致,但其余基因突变不一致,表明扬粳 368 可能存在部分籼稻遗传背景并进行过 *Hd1* 部分基因片段互换。

本研究表明,*Hd1* 各基因型对水稻抽穗期与成熟期的调控功能存在明显差异,且亚种间和不同地域间存在较明显差异和多样性。借助 *Hd1* 分子标记辅助选择,将早熟品种中的无功能基因型导入携带强功能基因型的迟熟品种中,从而实现迟熟水稻的抽穗期提前;或将迟熟品种中的强功能延迟抽穗基因型导入携带无功能基因型过早熟水稻品种中,从而实现过早熟水稻的抽穗期适当延后,可有效提升熟期适宜的水稻新品种创制的精度和效率。

参考文献:

- [1] WANG H Q, DAI W M, ZHANG Z X, et al. Occurrence pattern and morphological polymorphism of Chinese weedy rice [J].

- Journal of Integrative Agriculture,2023,22(1):149–169.
- [2] GAO H,ZHENG X M,FEI G L,et al. *Ehd4* encodes a novel and *Oryza*-genus-specific regulator of photoperiodic flowering in rice[J]. PLoS Genetics,2013,9(2):e1003281.
- [3] 杜祥备,孔令聪,习 敏,等. 江淮区域稻麦两熟制周年资源分配、利用特征[J]. 中国生态农业学报(中英文),2019,27(7):1078–1087.
- [4] 王红波,董华林,郑兴飞,等. 水稻抽穗期的光周期调控分子机制研究进展[J]. 北方水稻,2020,50(6):75–79.
- [5] IZAWA T. Adaptation of flowering-time by natural and artificial selection in *Arabidopsis* and rice [J]. Journal of Experimental Botany,2007,58(12):3091–3097.
- [6] YANO M,KATAYOSE Y,ASHIKARI M,et al. *Hd1*,a major photoperiod sensitivity quantitative trait locus in rice,is closely related to the *Arabidopsis* flowering time gene *CONSTANS*[J]. The Plant Cell,2000,12(12):2473–2483.
- [7] NEMOTO Y,NONOUÉ Y,YANO M. *Hd1*,a *CONSTANS* ortholog in rice,functions as an *Ehd1* repressor through interaction with monocot-specific CCT-domain protein *Ghd7* [J]. The Plant Journal,2016,86(3):221–233.
- [8] YANG Y,FU D B,ZHU C M,et al. The RING-finger ubiquitin ligase HAF1 mediates heading date 1 degradation during photoperiodic flowering in rice [J]. The Plant Cell,2015,27(9):2455–2468.
- [9] TAKAHASHI Y,TESHIMA K M,YOKOI S,et al. Variations in *Hd1* proteins,*Hd3a* promoters,and *Ehd1* expression levels contribute to diversity of flowering time in cultivated rice[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2009,106(11):4555–4560.
- [10] 金素奎,国倩倩,刘巧泉,等. 一种水稻叶片基因组 DNA 简易提取方法[J]. 生物技术通报,2025,41(1): 74–84.
- [11] 唐文静. 水稻抽穗期基因 *Hd1* 长日抑制抽穗的分子机制研究[D]. 广州:华南农业大学,2018:67–68.
- [12] ZHU Y J,FAN Y Y,WANG K,et al. *Rice Flowering Locus T 1* plays an important role in heading date influencing yield traits in rice[J]. Scientific Reports,2017,7:4918.
- [13] 代贵金,华泽田,王 岩,等. 北方杂交粳稻核心亲本的播始历期及其稳定性的分析[J]. 沈阳农业大学学报,2007,38(1):20–24.
- [14] 刘肖飞,梁卫红. T20N 点突变对水稻 *OsRacD* 蛋白 GTP 酶活性的影响[J]. 中国生物工程杂志,2010,30(1):56–61.
- [15] 梁卫红,吴乃虎. G15V 点突变对水稻 *OsRacD* 基因蛋白产物效应的影响[J]. 中国生物化学与分子生物学报,2006,22(4):338–342.
- [16] 李珍珠,彭清祥,邱先进,等. 水稻分蘖角度基因 *TIG1* 功能性分子标记的开发和应用[J]. 植物遗传资源学报,2023,24(3):808–816.
- [17] ZHOU S R,CAI L,WU H Q,et al. Fine-tuning rice heading date through multiplex editing of the regulatory regions of key genes by CRISPR Cas9[J]. Plant Biotechnology Journal,2024,22(3):751–758.
- [18] 罗林广,翟虎渠,万建民. 水稻品种桂朝 2 号抽穗期的基因型分析[J]. 中国水稻科学,2002,16(2):99–105.

Polymorphic Analysis of Heading Date Gene *Hd1* of Rice Varieties in Huang-Huai Region and Development of Molecular Markers of Key Genotypes

LI Fan, CHEN Chun, GUO Xinya, WANG Feifei, CHEN Weijun

(Suqian Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Suqian 223800, China)

Abstract: Heading date is one of the most important agronomic traits in rice. In order to clarify the polymorphism of *Hd1* genotype in rice varieties in Huang-Huai rice region and the regulatory effect of the different genotypes on heading date, this study compared the sequences of *Hd1* gene of 54 rice varieties in Huang-Huai rice region and analyzed the heading date and maturity date of rice with different *Hd1* genotypes. The results showed that 12 different mutant sites of Ginbouzu genotype in the tested varieties were detected, and were classified as 8 kinds of Type A-H genotypes. Type A genotype was detected in 3 geng rice varieties. Type B genotype was detected in 10 geng rice varieties. Type C genotype was detected in 2 geng rice introduced from Japan. Type D genotype was detected in 3 geng rice varieties. Type E was detected in only 1 geng rice variety. Type F, Type G and Type H were only detected in indica rice varieties. The Ginbouzu *Hd1* genotype was detected in 28 geng rice varieties. The maturity date of rice varieties with Type A was significantly advanced, but the heading date was not significantly advanced. The heading date and maturity date of rice varieties with Type B were significantly delayed. Both Type C and Type D genotypes had a significant advance effect on heading and maturity of rice. The molecular marker of Type D genotype was developed and verified. The length of PCR product of Type D genotype was 107 bp, and that of Ginbouzu genotype was 150 bp, which could effectively distinguish the two different functional genotypes.

Key Words: Heading date; *Hd1*; Alleles; Regulating effect; Molecular marker

黄慧云,漆文静,付甜甜,等. 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞光合特性和产量的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):10–15(2025-07-31).
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.002.

聚丙烯酰胺施用量对黑青稞光合特性和产量的影响

黄慧云,漆文静,付甜甜,冯西博*

(西藏农牧大学植物科学学院,西藏 林芝 860000)

摘要:探究施用聚丙烯酰胺对黑青稞光合特性及生物量的影响,为黑青稞高产稳产栽培合理施用聚丙烯酰胺提供理论依据。采用单因素随机区组试验设计,以隆子黑青稞为试验材料,设置聚丙烯酰胺施用量为 P0(0 kg/hm²,CK)、P1(6 kg/hm²)、P2(12 kg/hm²)、P3(18 kg/hm²)、P4(24 kg/hm²)5 个处理,比较不同用量梯度聚丙烯酰胺处理下黑青稞旗叶光合特性、生物量、产量及产量构成因素的变化趋势。结果表明:1)聚丙烯酰胺处理可显著提高黑青稞花后旗叶光合性能,其中以 P2 处理效果较显著($P<0.05$);各处理旗叶 SPAD 值、气孔导度、蒸腾速率均于花后 14 d 达到峰值,P2 处理较 P0 分别提高了 17.52%、27.95%、18.39%;胞间 CO₂ 浓度均于花后 35 d 达到峰值,P2 处理较 P0 提高了 22.91%;净光合速率均于花后 7 d 达到峰值,P2 处理较 P0 提高了 32.04%。2)聚丙烯酰胺可提高黑青稞生物量与根冠比,与 P0 相比,P1、P2、P3、P4 处理下黑青稞生物量分别提高了 31.58%、64.10%、48.19%、13.86%;根冠比分别提高了 2.60%、6.49%、5.19%、1.30%。3)聚丙烯酰胺可提高黑青稞产量,各处理中以 P2 处理的黑青稞产量最高,为 6 588.08 kg/hm²。因此,聚丙烯酰胺施用量为 12 kg/hm² 可有效提高黑青稞光合特性、生物量和产量。

关键词:聚丙烯酰胺;黑青稞;光合特性;生物量;产量

中图分类号:S512.3

文献标志码:A

文章编号:1673-6486-20250054

青稞是青藏高原的主要作物之一,同时也是藏族人民主要的粮食作物。西藏、青海、四川、甘肃、云南等地为青稞的主要种植区,其中西藏是青稞主产区,其种植面积占西藏作物种植总面积的 70%以上^[1]。根据青稞籽粒的颜色,青稞可分为黑青稞、蓝青稞、白青稞等^[2]。青稞富含多种营养成分如膳食纤维、蛋白质、 β -葡聚糖以及多种氨基酸等,其中黑青稞具有高蛋白质、高纤维、低脂肪等特点,其蛋白质和灰分含量高于其他颜色的青稞,与其他青稞相比,黑青稞蛋白营养价值最高^[3]。目前,隆子县是黑青稞种植面积最大的县,截至 2023 年,黑青稞的种植面积增加了 1 166.66 hm²。由于隆子县农田土壤养分的含量为中下水平,土壤偏碱性,重金属含量较高,从而导致经济效益低,严重制约了当地黑青稞产业的发展^[4]。聚丙烯酰胺能够提高土壤养分含量,减少土

壤中氮、磷等营养物质的流失,还可促进作物生长,提高作物产量^[5],同时能降低作物对重金属的吸收^[6],抑制土壤中过多金属离子对作物的毒害作用。因此,研究施用聚丙烯酰胺条件下黑青稞光合特性、干物质积累量、产量及其构成因素的变化对黑青稞高产稳产具有重要意义。关于聚丙烯酰胺对作物产量和光合特性等的影响已有较多报道:王峻研究发现,聚丙烯酰胺可提高白菜根系的生物量,而较高浓度的聚丙烯酰胺能显著提高白菜地上部分的生物量^[7];李远超等研究发现,番茄产量随聚丙烯酰胺浓度增加呈先增加后下降的趋势^[8];马斌等研究表明,连续 3 年施用聚丙烯酰胺可增加燕麦籽粒产量^[9]。还有研究表明,施用适量的聚丙烯酰胺可以提高作物叶绿素的相对含量(SPAD 值)、气孔导度、净光合速率等光合指标,以及增加作物产量^[10-12]。

光合作用是作物产量形成的物质基础,能促进作物干物质的积累^[13],进而提高作物产量。聚丙烯酰胺可以促进作物生长,同时也能提高作物产量及水分利用率^[14]。目前,在聚丙烯酰胺对黑青稞光合特性及产量的影响方面研究较少,因此通过研究不同聚丙烯酰胺施用量对黑青稞光合指标的影响,进一步分析黑青稞生物量、产量构成因素的变化,为提高黑青稞产量奠定理论基础。以隆子黑青稞为试验材

收稿日期:2025-05-19;修回日期:2025-07-22。

基金项目:国家自然科学基金(32060482);高原作物学创新团队建设
项目(xznmxyrcdwjs-2024-11);西藏特色农牧资源研发
省部共建协同创新中心—青稞方向(编号:XZTSZY202001)。

作者简介:黄慧云(1999—),女,硕士研究生,主要从事高原作物生
理与生态研究。Email: 2929384365@qq.com。

* 通信作者:冯西博(1973—),男,博士,副教授,主要从事高原作物
遗传育种和栽培研究。Email: fxb750217@126.com。

料,研究不同梯度聚丙烯酰胺处理下黑青稞光合特性及地上部分、根系生物量的变化,以利于提高隆子黑青稞光合性能,促进生物量的积累,从而使黑青稞增产,进一步促进当地黑青稞产业的发展。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于西藏山南市隆子县忙措村(91°54'E、28°07'N,海拔 3 797.00 m),为高原温带半干旱季风气候。该地区年平均温度 5.9℃,年降水量 279.41 mm,年平均日照时数 2 938.2 h,年无霜期 238.30 d。试验地土壤呈碱性(pH 值为 8.5),有机质含量(质量分数,下同)14.59 g/kg、有效磷含量 6.21 mg/kg、速效钾含量 115.37 mg/kg、全氮含量 0.85 g/kg。

1.2 试验材料

试验材料为六棱型黑青稞,是选自山南市隆子县的隆子黑青稞。

1.3 试验设计

本试验采用单因素随机区组设计,设置 5 个梯度聚丙烯酰胺施用量,分别为 P0(0 kg/hm²)、P1(6 kg/hm²)、P2(12 kg/hm²)、P3(18 kg/hm²)、P4(24 kg/hm²),以 P0(不施聚丙烯酰胺,0 kg/hm²)为对照,每个处理 3 次重复。小区行长 11.2 m,行距 0.25 m,小区面积为 16.8 m²,各小区间隔 0.5 m。试验田基肥氮肥、磷肥、钾肥的施用量为 135 kg/hm²。播种前将所有肥料混合均匀后一次性基施,使用播种机播种,田间管理与当地一致。

1.4 测定项目和方法

1.4.1 旗叶叶绿素含量测定。在花后 7、14、21、28、35 d,用 SPAD-502 叶绿素仪测定长势基本一致的黑青稞旗叶 SPAD 值,3 次重复。

1.4.2 光合特性指标测定。于黑青稞开花后 7、14、21、28、35 d,用 Li-6400XT 于 9:00—12:00 选取长势一致的黑青稞旗叶进行气孔导度、净光合速率、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率的测定,3 次重复。

1.4.3 生物量测定。于黑青稞成熟期取样,每个小区取 5 株,测定黑青稞地上部分及根系的生物量。将地上部分、根系放入烘箱,于 105℃下杀青 20 min 后,调至 65℃烘干至恒质量,测定各部分生物量。

1.4.4 产量及其构成因素测定。参照东强的方法^[15]进行产量及其构成因素的测定,每个小区随机选取

1 m² 进行黑青稞产量及其构成因素测定,3 次重复,调查穗数和穗粒数,脱粒后,测千粒质量和产量。

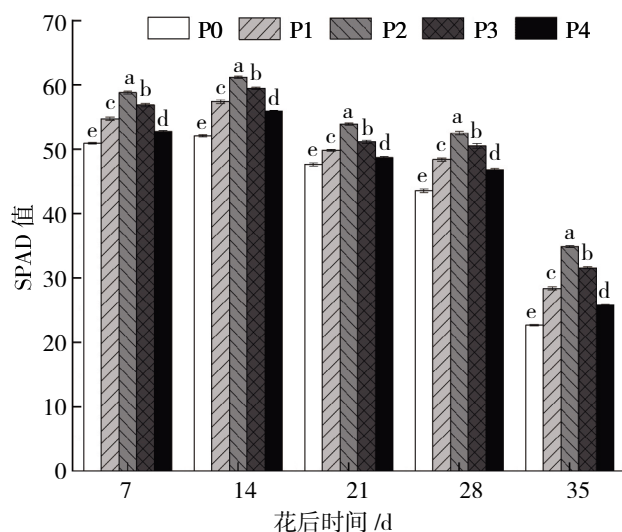
1.5 数据分析

用 Excel 2016 和 DPS 7.0.5 统计数据以及进行单因素方差分析、显著性检验,Origin 2021 制图。

2 结果与分析

2.1 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞花后旗叶 SPAD 值的影响

SPAD 值是指植物叶片叶绿素的相对含量,可以间接反映出植物光合速率的大小。黑青稞花后旗叶 SPAD 值呈先升后降趋势(图 1)。各处理的黑青稞旗叶 SPAD 值均在花后 14 d 时最大,P1、P2、P3、P4 处理较对照 P0 分别增加 10.22%、17.52%、14.24%、7.44%。花后 14~21 d 和 21~28 d 时黑青稞旗叶 SPAD 值下降速率较小。28~35 d 时,旗叶 SPAD 值迅速下降,SPAD 值于花后 35 d 时最小。黑青稞旗叶 SPAD 值随着聚丙烯酰胺施用量的增加呈先增加后减少的趋势,且不同梯度的聚丙烯酰胺对花后各个时期 SPAD 值均有显著影响($P<0.05$),均表现为 $P2>P3>P1>P4>P0$,表明施用聚丙烯酰胺可提高黑青稞旗叶 SPAD 值,进一步促进黑青稞灌浆期的光合作用,为黑青稞干物质积累和提高产量奠定基础。



图中不同小写字母表示同一时间不同处理间差异具统计学意义($P<0.05$)。图 2 至图 5 同

图 1 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞花后旗叶 SPAD 值的影响

2.2 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞花后旗叶光合参数的影响

2.2.1 聚丙烯酰胺施用量对气孔导度的影响。气孔导度是影响植物光合作用、蒸腾作用、呼吸作用的主要因素。由图2可知,随花后生育进程推进,各处理的气孔导度在7~14 d时逐渐上升。14 d时达到最大,此时P1、P2、P3、P4较对照P0分别提高18.08%、27.95%、23.02%、13.15%。气孔导度在花后14 d后逐渐下降,于花后35 d达到最小值。施用不同梯度聚丙烯酰胺对黑青稞花后不同时期气孔导度均具有显著影响($P < 0.05$),P1、P2、P3、P4处理下的气孔导度均显著大于对照P0 ($P < 0.05$),P2处理下的黑青稞气孔导度在花后各个时期均显著高于其他处理($P < 0.05$)。表明聚丙烯酰胺施用量为

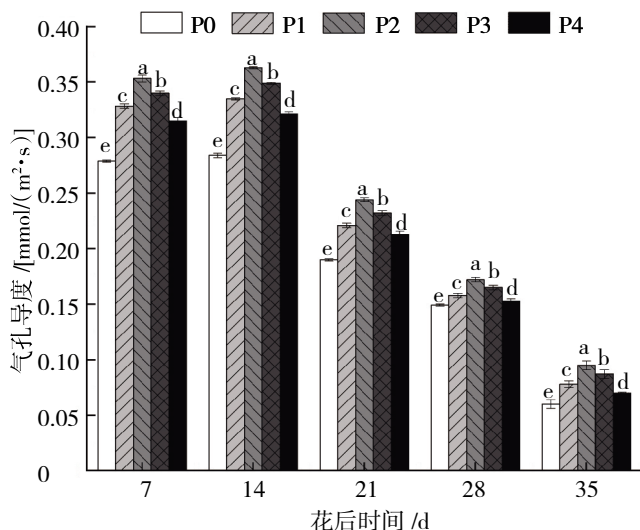


图2 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞花后旗叶气孔导度的影响

2.2.3 聚丙烯酰胺施用量对蒸腾速率的影响。由图4可知,在花后各时期蒸腾速率均表现为P2 > P3 > P1 > P4 > P0。在花后14 d,各处理间黑青稞旗叶蒸腾速率均达到峰值。7 d时,P2处理下旗叶蒸腾速率较对照P0显著提高了19.92% ($P < 0.05$)。花后14 d各处理蒸腾速率均为最大,P2处理旗叶蒸腾速率较对照P0提高了18.39%,此时聚丙烯酰胺处理下的黑青稞旗叶蒸腾速率与不施聚丙烯酰胺处理(P0)间差异具统计学意义($P < 0.05$);而P3与P2、P1处理间差异无统计学意义,P1与P4处理间差异也无统计学意义。各处理旗叶蒸腾速率在花后21~35 d时呈下降趋势,且P1、P2、P3、P4处理与对照差异具统计学意义($P < 0.05$)。

12 kg/hm²对黑青稞旗叶气孔导度影响最显著。

2.2.2 聚丙烯酰胺施用量对胞间CO₂浓度的影响。由图3可知,随花后生育进程推进,各处理旗叶的胞间CO₂浓度逐渐升高,胞间CO₂浓度在花后35 d时达到峰值,此时P1、P2、P3、P4较对照P0分别提高7.90%、22.91%、15.81%、3.43%。花后35 d时,P2处理的胞间CO₂浓度值最大,较P0、P1、P3、P4分别显著增加22.91%、13.91%、6.13%、18.83%。花后各时期,不同处理的胞间CO₂浓度差异均具统计学意义($P < 0.05$),且均表现为P2 > P3 > P1 > P4 > P0。胞间CO₂浓度值在花后各时期均为P2处理最大,且显著高于其他处理($P < 0.05$),表明施用适量的聚丙烯酰胺可显著提高黑青稞旗叶胞间CO₂浓度。

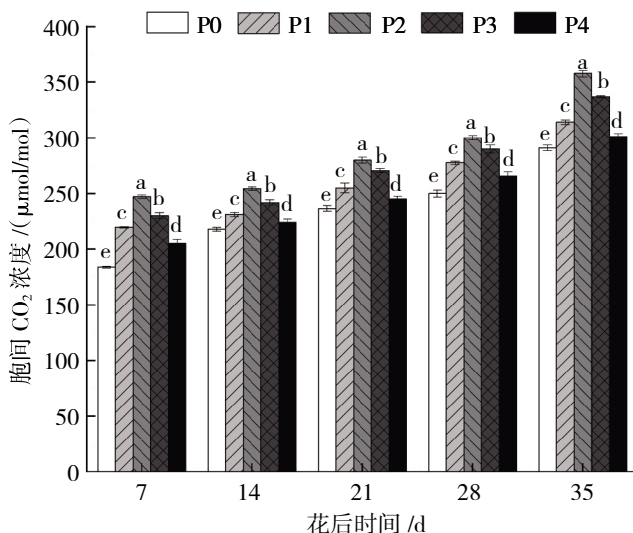


图3 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞花后旗叶胞间CO₂浓度的影响

2.2.4 聚丙烯酰胺施用量对净光合速率的影响。净光合速率是植物光合性能的重要参数之一,净光合速率的提升能有效促进植物的光合作用。由图5可知,随花后生育进程推进各处理的净光合速率均逐渐下降。各处理净光合速率于7 d最大,35 d最小。在花后7~35 d时,P1、P2、P3、P4处理的净光合速率均显著高于对照P0 ($P < 0.05$)。7 d时,P2处理净光合速率较P0提高了32.04%。35 d时,P2处理净光合速率均与P0、P1、P3、P4处理间差异均具统计学意义($P < 0.05$),较P0、P1、P3、P4分别提高44.67%、20.70%、11.20%、33.01%。表明P2处理可以提高黑青稞净光合速率,从而提高黑青稞光合性能。

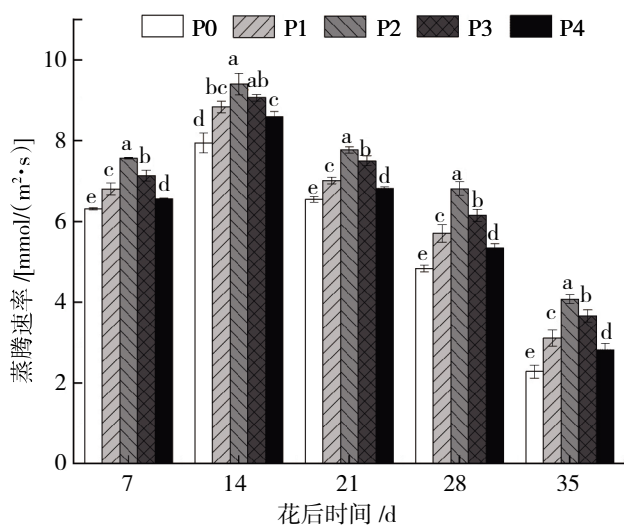


图 4 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞花后旗叶蒸腾速率的影响

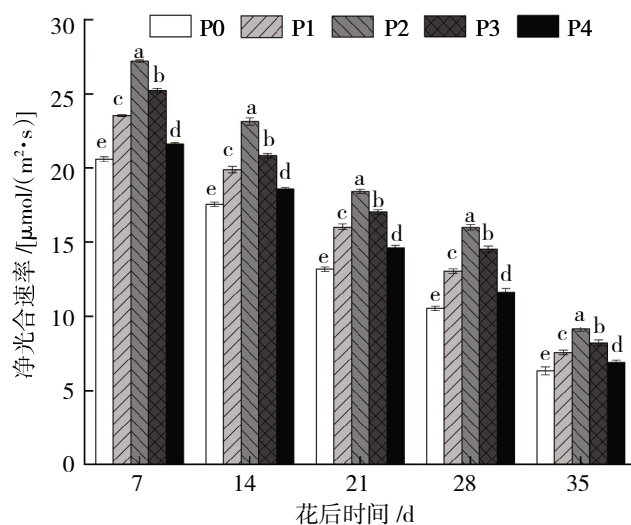


图 5 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞花后旗叶净光合速率的影响

2.3 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞干质量生物量的影响

由表 1 可知,聚丙烯酰胺处理下黑青稞地上部分生物量、根系生物量、总生物量均显著高于不施聚丙烯酰胺的处理 ($P < 0.05$)。各处理间的地上部分生物量、根系生物量、总生物量的差异均具统计学意义 ($P < 0.05$), 且 P1、P2、P3、P4 处理下的黑青稞地上部分生物量、根系生物量、总生物量均与对照 P0 处理间的差异具统计学意义 ($P < 0.05$), P2、P3 处理间及 P0、P4 处理间的根冠比差异均无统计学意义。与对照 P0 相比, P1 总生物量和根冠比分别增加 31.58%、2.60%, P2 总生物量和根冠比分别增加

64.10%、6.49%, P3 总生物量和根冠比分别增加 48.19%、5.19%, P4 总生物量和根冠比分别增加 13.86%、1.30%。施用聚丙烯酰胺后, 生物量、根冠比均有所提高, 表明聚丙烯酰胺能促进黑青稞的生长。

2.4 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞产量和产量构成因素的影响

由表 2 可知, 不同处理间千粒质量差异具统计学意义 ($P < 0.05$), 经聚丙烯酰胺处理的有效穗数、穗粒数均显著高于不施聚丙烯酰胺的处理 (对照) ($P < 0.05$)。其中 P2 处理的有效穗数、穗粒数最高, 较对照 P0 分别增加 16.81%、19.04%。5 个处理中, P2 处理的产量最高, 显著高于 P0、P1、P3、P4 处理 ($P < 0.05$)。

表 1 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞生物量和根冠比的影响

处理	地上部分生物量/(g/株)	根系生物量/(g/株)	总生物量/(g/株)	根冠比
P0	27.66 e	2.14 e	29.80 e	0.077 c
P1	36.34 c	2.87 c	39.21 c	0.079 b
P2	45.21 a	3.69 a	48.90 a	0.082 a
P3	40.87 b	3.29 b	44.16 b	0.081 a
P4	31.49 d	2.44 d	33.93 d	0.078 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 ($P < 0.05$)。表 2 同。

表 2 聚丙烯酰胺施用量对黑青稞产量及其构成因素的影响

处理	有效穗数/(万穗/hm ²)	穗粒数/(粒/穗)	千粒质量/g	产量/(kg/hm ²)
P0	422.33 ± 2.52 d	49.00 ± 1.00 d	39.47 ± 0.15 e	5 618.82 ± 52.01 d
P1	465.33 ± 8.74 b	54.67 ± 1.53 bc	40.88 ± 0.14 c	6 182.73 ± 85.08 b
P2	493.33 ± 3.61 a	58.33 ± 0.58 a	42.14 ± 0.07 a	6 588.08 ± 39.33 a
P3	473.67 ± 2.52 b	56.70 ± 1.15 ab	41.67 ± 0.07 b	6 393.63 ± 48.24 b
P4	454.67 ± 4.51 c	53.00 ± 1.73 c	40.46 ± 0.12 d	5 984.91 ± 77.06 c

3 讨论

光合作用是影响黑青稞生长发育和产量的重要因素,而旗叶光合性能较强,是麦类作物生育期重要的功能叶^[16]。施用聚丙烯酰胺可提高作物的光合性能及对不同光强的适应性^[17]。Abulaiti 等研究发现,施用聚丙烯酰胺可提高水稻蒸腾速率、净光合速率和气孔导度^[11]。本试验研究结果表明施聚丙烯酰胺可提高黑青稞叶绿素相对含量,与王效伟等研究结果^[18-19]一致。张妙研究发现,施聚丙烯酰胺显著提高了玉米叶片净光合速率和气孔导度^[20]。本研究结果表明 P2(12 kg/hm²)处理,可显著提高黑青稞胞间 CO₂ 浓度、净光合速率、气孔导度和蒸腾速率,从而显著提高黑青稞的光合作用。本研究结果与前人的研究结果^[21-22]基本一致。王起凡通过研究不同浓度盐胁迫下施用改良剂对向日葵光合特性指标的影响,发现施用聚丙烯酰胺条件下,向日葵气孔导度、光合速率、胞间 CO₂ 浓度及蒸腾速率无显著性变化^[23],与本研究结果不一致的原因可能是不同盐浓度的胁迫及供试作物不同。本研究结果认为,当聚丙烯酰胺施用量为 12 kg/hm² 时,黑青稞光合性能较好。

杜社妮等通过研究聚丙烯酰胺对玉米生长发育的影响,发现经聚丙烯酰胺处理的玉米生物量高于对照^[24]。本研究发现施用聚丙烯酰胺可显著提高黑青稞地上部分和根系的生物量及总生物量,且施聚丙烯酰胺处理的根冠比高于不施聚丙烯酰胺处理,与李婷等的试验结果^[25]一致。研究表明聚丙烯酰胺可以提高黑青稞根冠比,从而进一步提高黑青稞根系活性。

与不施聚丙烯酰胺相比,不同梯度聚丙烯酰胺均可提高黑青稞产量及其有效穗数、穗粒数、千粒质量。部分学者的研究结果表明聚丙烯酰胺能够影响产量构成因素从而提高燕麦产量^[26-28],与本试验结果一致。通过分析黑青稞产量及其构成因素,发现随聚丙烯酰胺施用量增加,黑青稞产量及产量构成因素均呈先增加后减少的趋势,聚丙烯酰胺可以显著提高黑青稞穗粒数、有效穗数、千粒质量,进而提高黑青稞产量,这与侯冠男等的研究结果^[29-31]一致。目前在聚丙烯酰胺对黑青稞光合特性影响方面的研究较少,因此本研究可为后续研究聚丙烯酰胺对黑青稞光合、生产等方面的影响提供基础资料。

4 结论

黑青稞产量的增加受较多因素影响,不同的聚

丙烯酰胺施用量通过提高黑青稞叶片的叶绿素含量及气孔导度、蒸腾速率等光合指标,从而促进黑青稞生物量的积累,进一步提高黑青稞的产量。因此,适量的聚丙烯酰胺可以进一步提高黑青稞花后旗叶的光合指标,促进黑青稞生物量的积累,达到增产目的。其中 P2 处理,即聚丙烯酰胺施用量为 12 kg/hm² 能显著提升黑青稞旗叶 SPAD 值和光合参数,其总生物量和根冠比较对照 P0 分别增加了 64.10%、6.49%,从而通过影响产量构成因素提高黑青稞产量。因此,本研究施用量为 12 kg/hm² 的聚丙烯酰胺为提高黑青稞产量的最佳方案。

参考文献:

- [1] 许如根,唐亚伟,严谈松,等. 西藏青稞产业现状分析与提升策略探讨[J]. 农业与技术,2024,44(4):40-43.
- [2] 杨希娟. 不同粒色青稞营养品质评价[J]. 青海农林科技,2023(4):58-64.
- [3] 周红,张杰,张文刚,等. 青海黑青稞营养及活性成分分析与评价[J]. 核农学报,2021,35(7):1609-1618.
- [4] 普布次仁. 隆子黑青稞特色产业现状及分析[J]. 园艺与种苗,2023,43(8):95-97.
- [5] 张海欧,孙小梅. 聚丙烯酰胺(PAM)土壤改良剂与应用效应[J]. 农技服务,2021,38(6):99-101.
- [6] 李晓华,李维国. 聚丙烯酰胺对几种植物种子萌发及生长的影响[J]. 中国生态农业学报,2002,10(4):77-79.
- [7] 王峻. 聚丙烯酰胺(PAM)对河道底泥性质及白菜生长和品质的影响[D]. 杭州:浙江大学,2020:22-24.
- [8] 李远超,许凌露,贺宇欣,等. 不同聚丙烯酰胺用量对加工番茄产量及土壤环境的影响[J]. 现代农业科技,2019(21):70-74.
- [9] 马斌,刘景辉,杨彦明,等. 聚丙烯酰胺连年施用对燕麦生产的影响[J]. 麦类作物学报,2017,37(9):1255-1262.
- [10] 谢文杰,姚娟,李卓,等. 聚丙烯酰胺对油菜生长及产量的影响[J]. 安徽农业科学,2017,45(2):17-21,26.
- [11] ABULAITI A, SHE D L, LIU Z P, et al. Application of biochar and polyacrylamide to revitalize coastal saline soil quality to improve rice growth[J]. Environmental Science and Pollution Research International, 2023, 30(7):18731-18747.
- [12] 刘霜. 不同土壤改良剂对盐胁迫下小白菜生长和生理特性的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2021:14-16.
- [13] 王启泉. 农业经济作物光合作用研究进展[J]. 乡村科技,2020,11(28):54-55.
- [14] 唐泽军,雷廷武,赵小勇,等. PAM 改善黄土水土环境及对玉米生长影响的田间试验研究[J]. 农业工程学报,2006,22(4):216-219.

- [15] 东 强. 缓释尿素配施黄腐酸对隆子黑青稞光合特性、养分吸收及产量的影响[D]. 林芝:西藏农牧学院,2023:14.
- [16] 刘庆芳,李小康,刘保华,等. 冬小麦籽粒灌浆特性和旗叶光合特性对产量的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(19): 61–67.
- [17] TAO W H, ZHAO X, NING S R, et al. Combining desulfurisation gypsum and polyacrylamide to reduce soil salinity and promote buckwheat photosynthesis[J]. Journal of Agronomy and Crop Science,2024,210(4):e12727.
- [18] 王效伟. 聚丙烯酰胺在污泥和土壤中降解及其对黑麦草和土壤酶的影响研究[D]. 泰安:山东农业大学,2013:38–39.
- [19] 梁 萍. 盐碱胁迫下土壤调理剂 PAM 和脱硫石膏施用深度对藜麦生长及产量的影响[D]. 临汾:山西师范大学, 2023:19.
- [20] 张 妙. 生物炭与 PAM 共施对土壤水分、玉米生理特性及产量的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2018:29.
- [21] 李 娥. 改良剂和 AM 真菌对盐渍化土壤中玉米生长的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2018:27–28.
- [22] 刘 礼,孙东宝,王庆锁. 不同保水剂对旱地春玉米生长发育和产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2020,38(3): 262–268.
- [23] 王起凡. 生物炭和聚丙烯酰胺对盐渍化土壤中向日葵生长的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2018:31.
- [24] 杜社妮,白岗栓,赵世伟,等. 沃特和 PAM 施用方式对土壤水分及玉米生长的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(11): 30–35.
- [25] 李 婷,陈玉军,魏军发,等. 聚丙烯酰胺对砂砾质滩涂红海榄幼苗生长及土壤养分的影响[J]. 安徽农业科学,2024, 52(5):57–62.
- [26] 刘慧军,刘景辉,于 健,等. 土壤改良剂对土壤紧实度及燕麦生长状况的影响[J]. 水土保持通报,2013,33(3):130–134.
- [27] 杨 洋,庞春花,张永清,等. PAM 与磷肥互作对盐碱地藜麦生长及产量的影响[J]. 干旱区资源与环境,2022,36(9): 180–185.
- [28] 王 静. 不同土壤改良物质对燕麦生长发育及土壤理化性状的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2019:31–32.
- [29] 侯冠男. 保水材料对河套灌区小麦生长及土壤特性的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2012:32–33.
- [30] 庞春花,杨 洋,张永清,等. 两种改良剂对晋南盐碱地土壤性质及藜麦产量的影响[J]. 西北农业学报,2022,31(9): 1185–1193.
- [31] 白岗栓,邹超煜,杜社妮,等. 聚丙烯酰胺对干旱半干旱区不同作物水分利用及产值的影响[J]. 农业工程学报,2015, 31(23):101–110.

Effect of Polyacrylamide Application Rate on Photosynthetic Characteristics and Yield of Black Highland Barley

HUANG Huiyun, QI Wenjing, FU Tiantian, FENG Xibo

(College of Plant Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Linzhi 860000, China)

Abstract: To investigate the effects of polyacrylamide application on photosynthetic characteristics and biomass of black highland barley and provide a theoretical basis for the rational application of polyacrylamide in high-yield and stable-yield cultivation of highland barley, a single-factor randomized block design was employed. Using Longzi highland barley as the experimental material, five treatments with different polyacrylamide application rates were established: P0 (0 kg/hm², control), P1 (6 kg/hm²), P2 (12 kg/hm²), P3 (18 kg/hm²), and P4 (24 kg/hm²). The study compared the trends in photosynthetic characteristics, biomass, yield, and yield components of flag leaves under different polyacrylamide treatments. The results showed that: (1) Polyacrylamide application significantly enhanced the photosynthetic performance of flag leaves post-anthesis ($P < 0.05$), with the P2 treatment showing the most pronounced effect. The SPAD value, stomatal conductance, and transpiration rate of flag leaves peaked at 14 days post-anthesis, and P2 increased these parameters by 17.52%, 27.95%, and 18.39%, respectively, compared to P0. The intercellular CO₂ concentration peaked at 35 days post-anthesis, and P2 showing a 22.91% increase over P0. The net photosynthetic rate peaked at 7 days post-anthesis, with P2 demonstrating a 32.04% increase over P0. (2) Polyacrylamide application increased the biomass and root-shoot ratio of black highland barley. Compared to P0, the biomass under P1, P2, P3 and P4 treatments increased by 31.58%, 64.10%, 48.19% and 13.86%, respectively, while the root-shoot ratio increased by 2.60%, 6.49%, 5.19% and 1.30%, respectively. (3) Polyacrylamide application enhanced the yield of black highland barley. Among all the treatments, the yield of black barley under P2 treatment was the highest, reaching 6 588.08 kg/hm². Therefore, an application rate of 12 kg/hm² of polyacrylamide effectively improves the photosynthetic characteristics, biomass and yield of highland barley.

Key Words: Polyacrylamid; Black highland barley; Photosynthetic characteristics; Biomass; Yield

徐琳雅,冒宇翔,戴其燕,等. 育苗基质对鲜食糯玉米幼苗生长的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):16–21(2025-08-01). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.003>.

育苗基质对鲜食糯玉米幼苗生长的影响

徐琳雅¹,冒宇翔²,戴其燕³,万继明⁴,吴昌浩³,陆德华²,郝德荣²,陈国清²,宋旭东^{2*}

(1. 南通市耕地质量保护站,江苏 南通 226006;2. 江苏沿江地区农业科学研究所,江苏 南通 226012;

3. 南通省力机电科技有限责任公司,江苏 南通 226001;4. 南通市普农农业发展有限公司,江苏 南通 226199)

摘要:为优化鲜食糯玉米的工厂化育苗技术,筛选适宜的育苗基质,以苏玉糯 11 和苏玉糯 818 为供试鲜食糯玉米品种,对三益农业基质(T1)、寿光恒先基质(T2)、大汉沃松基质(T3)栽培下糯玉米幼苗长势、根系和地上部干物质积累及根冠比等指标进行分析。结果表明,不同基质对鲜食糯玉米幼苗的影响不同,其中寿光恒先基质(T2)显著提升了 2 个糯玉米品种的地上部生长指标,平均株高较 T1 和 T3 处理分别高 1.9% 和 4.0%,叶面积也分别增加 4.9% 和 11.5%。而大汉沃松基质(T3)处理下 2 个品种的平均根系鲜质量较 T1 和 T2 分别提高 57.1% 和 6.9%,干质量分别提升 112.9% 和 71.6%,根冠比分别显著增加 123.9% 和 96.3%。因此,在鲜食玉米工厂化育苗生产中可优先选择大汉沃松基质。

关键词:糯玉米;基质;工厂化育苗;幼苗生长

中图分类号:S513

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20250038

鲜食糯玉米是重要的特粮特经作物,是农业产业结构调整优化、推进绿色高效农业发展的关键作物^[1-3]。鲜食糯玉米作为江苏省优势特色作物,具黏软清香、营养丰富、食味优良等特点,全省常年种植 10 万 hm²^[4-5]。目前市场上鲜食糯玉米产品形式主要是鲜果穗销售和速冻加工,对鲜食糯玉米的外观品质和成熟度要求严格。但生产上鲜食糯玉米群体质量普遍偏低,果穗大小、成熟度不一致,收获多数为一次性采摘,商品率不足 70%,严重制约种植户的经济效益。工厂化育苗是目前提高鲜食玉米群体质量的有效手段,在生产上应用越来越广泛^[6-9]。

工厂化育苗是指在可控环境条件下进行大规模的种苗培育,可在缩短育苗周期的同时保证种苗质量,提高幼苗成活率及壮苗指数,提高群体整齐度、果穗商品率和品质^[7,10]。工厂化育苗常以“穴盘+基质”育苗技术为主,而育苗基质的选择是高效育苗的关键。适宜的育苗基质可促进作物的根长、株高、叶面积等生长形态,可促使苗匀、苗足、苗壮,促

进个体与群体协调发展,最终增加种植收益^[11-14]。目前,常用的育苗基质材料主要有草炭、蛭石、珍珠岩等。一些有机生产残留物,如芦苇渣、秸秆、稻草、食用菌生产残留物等,可与无机基质如珍珠岩、草炭等按一定数量比例混合,经特殊发酵后生产育苗基质。但由于不同种类基质的主要成分和理化性质不同,导致鲜食糯玉米幼苗长势参差不齐^[15-16]。目前,江苏地区鲜食糯玉米育苗过程中仍存在基质选择与品种不配套、生产成本高、幼苗质量不稳定等问题。本试验以 2 个优质鲜食糯玉米品种作为研究对象,选择 3 种商品育苗基质进行穴盘育苗比较试验,研究不同商品育苗基质对鲜食糯玉米幼苗长势的影响,筛选最适宜的工厂化育苗基质,为鲜食糯玉米高效育苗技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2024 年在江苏沿江地区农业科学研究所光照培养箱(GXZ-500)进行。供试鲜食糯玉米品种苏玉糯 11 和苏玉糯 818 为江苏省推广种植面积较大的品种,均由江苏沿江地区农业科学研究所提供。本试验选用 3 种基质(表 1),分别为三益农业进口基质(T1)、寿光恒先育苗基质(T2)、大汉沃松栽培基质(T3),均由南通市普农有限公司提供。本试

收稿日期:2025-04-10;修回日期:2025-06-01。

基金项目:江苏省农业科技自主创新项目[CX(23)1043];江苏省现代农机装备与技术示范推广项目(NJ2023-05)。

作者简介:徐琳雅(1997—),女,硕士,助理农艺师,主要研究方向为土壤肥料。Email: blueeestar@foxmail.com。

* 通信作者:宋旭东(1992—),男,硕士,助理研究员,主要研究方向为玉米栽培与遗传。Email: xudong.song@foxmail.com。

验选用 72 穴规格的穴盘,其尺寸长 53.5 cm、宽 27.5 cm、高 4.5 cm,共使用 36 盘。播种时每穴播 1 粒,之后将所有穴盘置于光照培养箱中培养,培养条件设

置为:白天光照 14 h(温度 28 ℃),晚上黑暗 10 h(温度 23 ℃)。

表 1 供试育苗基质基本信息

处理	品牌	产品成分	生产企业
T1	三益农业	进口粗纤维块状泥炭、珍珠岩及蛭石等为主要原料,有机质含量(质量分数,下同)大于 20%	寿光三益农业有限公司
T2	寿光恒先	草碳原料、珍珠岩及蛭石等为主要原料,有机质含量大于 30%	寿光恒先育苗有限公司
T3	大汉沃松	进口粗泥炭、椰糠作为主要原料,有机质含量大于 30%	大汉集团

1.2 测定项目

播种 10 d 后玉米长至 2 叶 1 心,此期为较适宜移栽时期,因此第 10 天统计各基质出苗情况,测定其株高、茎直径、叶面积及地上部、地下部鲜质量和干质量。叶面积按照以下公式进行计算:

$$S = L \times W \times 0.75.$$

式中: S 为叶面积, cm^2 ; L 为叶片长度, cm ; W 为叶片宽度, cm ; 0.75 为玉米叶面积的校正系数。

每种基质随机抽取,1 盘为 1 个重复,重复 6 次,每盘随机取苗 10 株。

1.3 数据处理

试验数据采用 Excel 2020 进行处理和统计分析,不同处理间采用最小显著差异法(LSD)进行多

重比较。

2 结果与分析

2.1 基质与品种方差分析

由表 2 可知,不同基质对供试玉米叶面积无显著性影响,对玉米株高有显著性影响;不同品种对玉米根系干质量无显著性影响,对株高、叶面积有显著性影响。除此之外,基质、品种、基质和品种互作均极显著影响茎直径、地上鲜质量、根系鲜质量、总鲜质量、地上干质量、根系干质量和根冠比;而基质和品种互作对叶面积和总干质量无显著性影响。

表 2 方差分析结果

	株高	茎直径	叶面积	地上鲜质量	根系鲜质量	总鲜质量	地上干质量	根系干质量	总干质量	根冠比
基质	*	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
品种	*	**	*	**	**	**	**	ns	**	**
基质 × 品种	**	**	ns	**	**	**	**	**	ns	**

注:* 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($P < 0.01$);ns 表示差异无统计学意义。

2.2 不同基质对幼苗株高、茎直径和叶面积的影响

不同品种的株高、茎直径和叶面积在 3 种基质条件下的表现不同(表 3)。对于苏玉糯 11,T2 处理下的株高比 T1 和 T3 分别高 13.8%、8.8%,叶面积分别高 7.7%、5.8%。而苏玉糯 818 在 T1 处理下的株高比 T2 和 T3 分别高 10.0%、8.8%。对于茎直径,苏玉糯 11 在 T2 和 T3 处理下大于 T1 处理,而苏玉糯 818 在 T3 处理下大于其他 2 个处理。

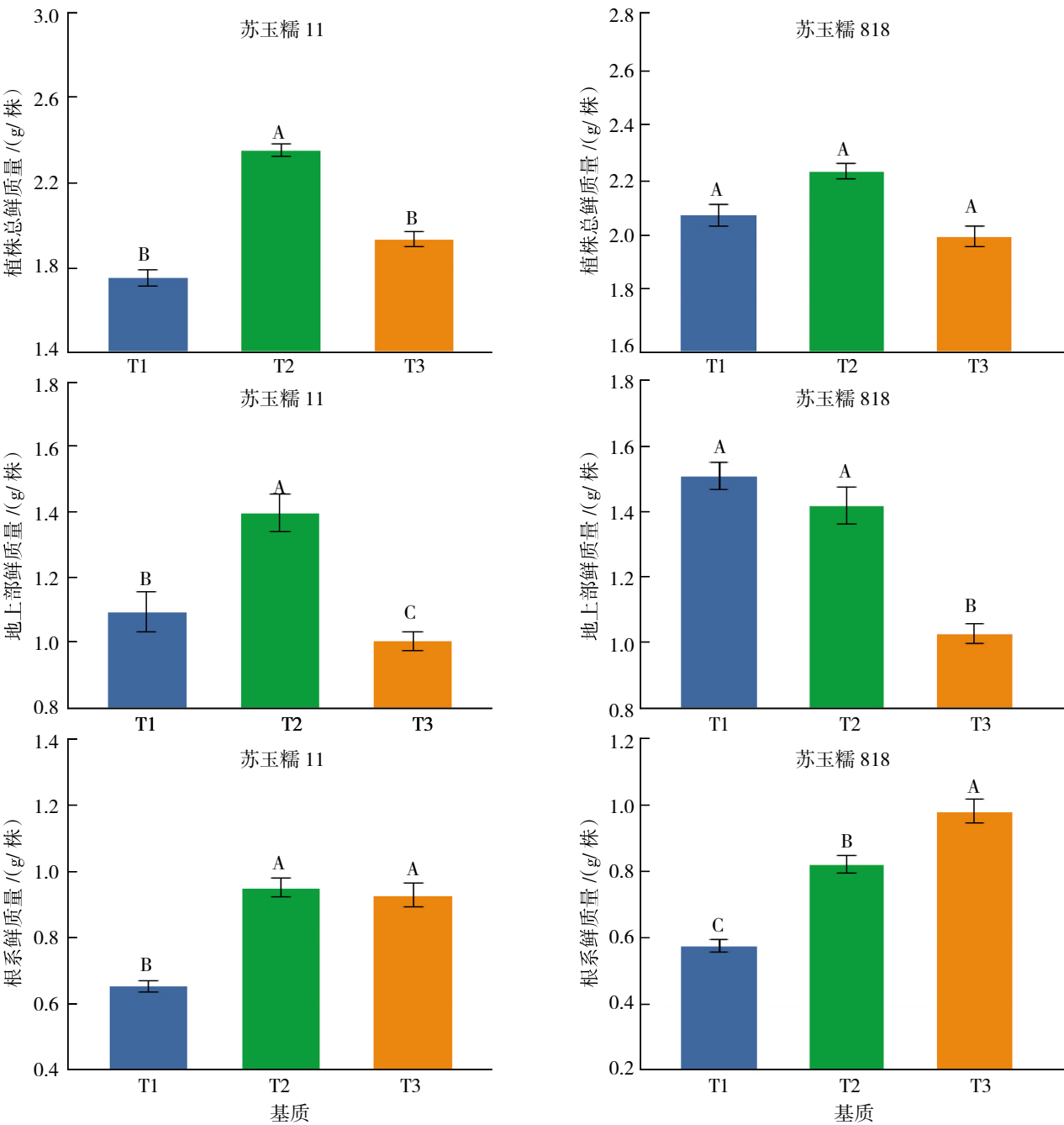
2.3 不同基质对幼苗鲜质量的影响

从整株鲜质量来看,T2 处理下苏玉糯 11 的植株总鲜质量均高于其他 2 个处理,而不同基质下苏玉糯 818 的植株总鲜质量差异无统计学意义(图 1)。从地上部鲜质量来看,苏玉糯 11 在 T2 处理下比 T1 和 T3 处理分别高 25.5%、40.8%,而苏玉糯 818 在 T1 处理下比 T2 和 T3 处理分别高 6.4%、46.7%。与地上部鲜质量不同,苏玉糯 11 和苏玉糯 818 的根系鲜质量分别在 T2 和 T3 处理下最高。

表 3 不同基质下 2 个品种的株高、茎直径和叶面积

品种	基质	株高 /cm	茎直径 /mm	叶面积 /cm ²
苏玉糯 11	T1	28.2 ± 0.5 B	3.2 ± 0.1 B	16.9 ± 0.1 A
	T2	32.1 ± 0.4 A	3.4 ± 0.1 A	18.2 ± 0.3 A
	T3	29.5 ± 0.1 B	3.4 ± 0.2 A	17.2 ± 0.6 A
苏玉糯 818	T1	30.9 ± 0.7 A	3.0 ± 0.1 C	20.2 ± 0.2 A
	T2	28.1 ± 0.6 B	3.1 ± 0.2 B	20.7 ± 0.4 A
	T3	28.4 ± 0.2 B	3.2 ± 0.3 A	17.7 ± 0.2 A

注:表中数值为平均值 ± 标准误;同列数据后不同大写字母表示处理间差异具有高度统计学意义($P<0.01$)。



同一指标同一品种不同大写字母表示处理间差异具有高度统计学意义($P<0.01$)。下同

图 1 不同基质下 2 个品种的植株总鲜质量、地上部鲜质量和根系鲜质量

2.4 不同基质对幼苗干质量的影响

从植株总干质量来看,T3 处理下 2 个品种的植株总干质量高于其他处理,但差异无统计学意义(图 2)。苏玉糯 11 地上部干质量在 T2 处理比 T1 和

T3 处理分别高 24.2%和 26.2%,而苏玉糯 818 在 T1 处理比 T2 和 T3 处理分别高 16.4%和 18.8%。比较不同处理下的根系干质量,2 个品种的根系干质量在 T3 处理下均显著高于 T1 和 T2 处理。

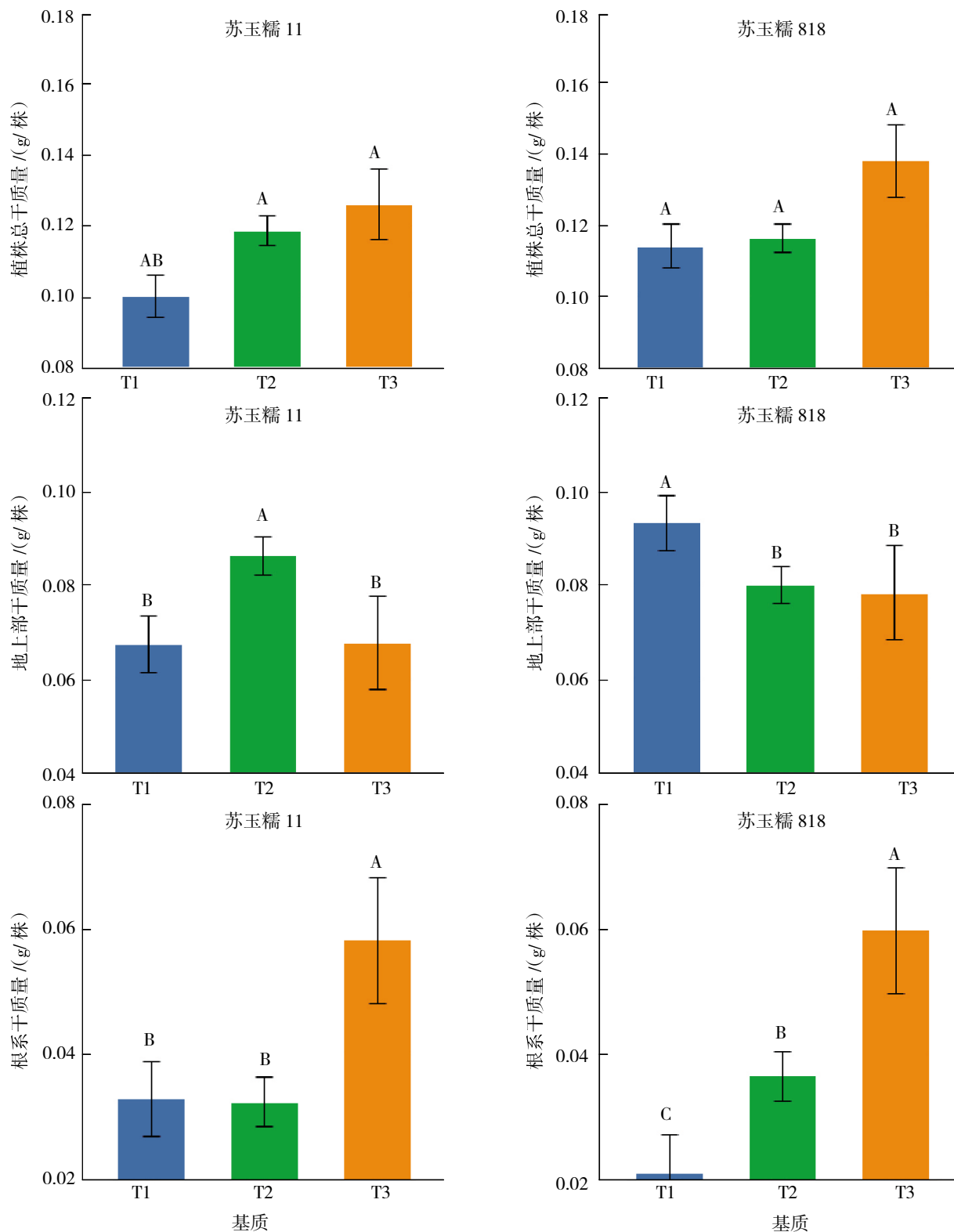


图 2 不同基质下 2 个品种植株的总干质量、根系干质量和地上部干质量

2.5 不同基质对幼苗根冠比的影响

苏玉糯 11 的根冠比在 T3 处理下比 T1 和 T2 分别高 77.3%和 128.6%,苏玉糯 818 的根冠比在 T3 处理下比 T1 和 T2 分别高 218.0%和 69.4%(图 3)。比较

2 个品种发现,苏玉糯 818 在 T2 和 T3 处理下的根冠比大于苏玉糯 11,而 T1 处理下苏玉糯 11 的根冠比大于苏玉糯 818。

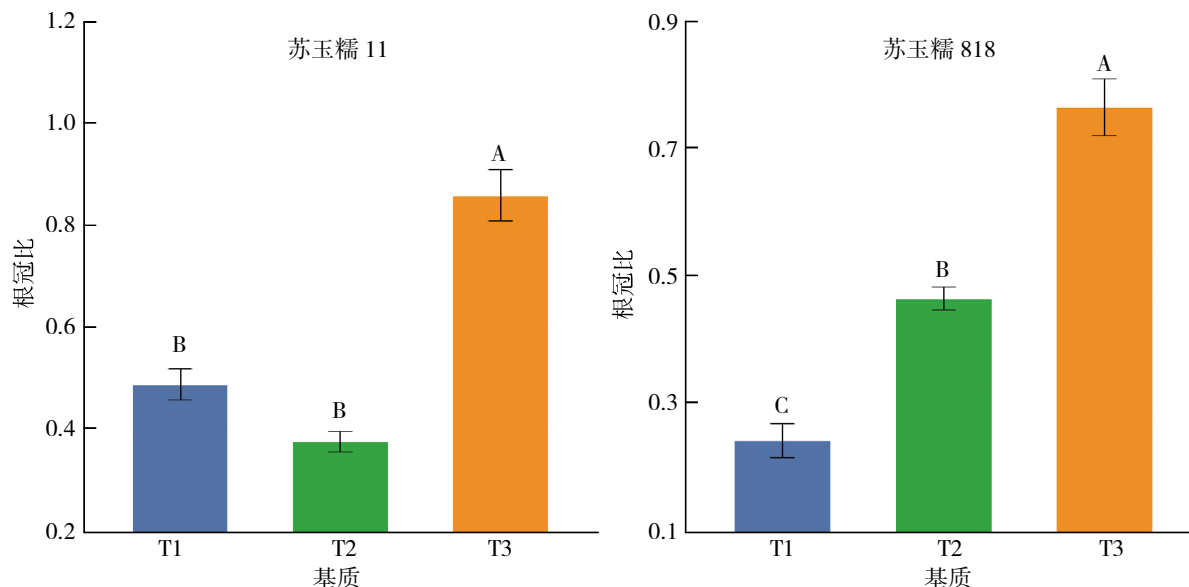


图 3 不同基质下 2 个品种的根冠比

3 讨论与结论

工厂化育苗在温室条件下,采用人工环境控制和科学管理手段,按照一定的生产流程,使秧苗达到快速、高产、优质、高效的生产水平,形成专业化、商品化的秧苗生产体系。随着我国工厂化育苗技术的发展以及鲜食玉米种植面积不断扩大,鲜食玉米育苗的市场需求也越来越大^[417]。以往研究表明,育苗基质的质量直接决定了幼苗质量和生长状况^[11-13]。本研究通过比较 3 种不同商品育苗基质对幼苗株高、茎直径、叶面积、根冠比等生长指标的影响,系统评估各基质在促进幼苗生长和提高育苗质量方面的表现,最终筛选出适合鲜食糯玉米工厂化育苗的优质基质,以提高鲜食糯玉米种植的经济效益。

结果表明,不同商用基质对鲜食玉米幼苗各项指标的影响不同。在株高、叶面积和茎直径方面,寿光恒先基质(T2)在提高幼苗地上部生长指标方面表现较为突出。从地上部干物质积累分析,寿光恒先基质(T2)处理下 2 个品种均达到最高值,这可能与其营养元素种类多且含量较为均衡有关。寿光恒先基质(T2)以草炭为主,并添加了多种营养元素,可能更适合幼苗早期快速生长的需求;根系干质量和根冠比则在大汉沃松基质(T3)处理下表现最佳,表明该基质可能在促进根系发育方面具有优势,这

可能是因为该基质以粗泥炭为主更有利于根系的发育。同时,T3 处理下根系形态指标优于其他 2 个处理,而工厂化育苗下一阶段为移栽,较发达的根系可更好地包裹土坨,使之不散坨,降低根系损伤风险,有助于提高后期移栽成活率;而 T2 处理下较大的地上部指标、较小的地下部指标可能会延长缓苗周期,不利于保证后期移栽的成活。不同基质的水肥供应能力也影响了幼苗的资源分配策略,如在大汉沃松基质中,较强的透气性可能促进了根系生长,进而提高了根冠比,这对于后续移栽成活率和植株抗逆性提升具有重要意义。但是,未来研究需进一步开展多因素耦合研究,综合评价育苗基质的成本效益及其与品种遗传特性的互作,解析不同基质对苗期生理特性和后续产量的长期影响以及经济效益,为鲜食玉米的工厂化育苗技术提供更全面的理论支持。

在鲜食玉米工厂化育苗中,移栽成活率直接影响种植效益,而根系发育和育苗基质选择至关重要,因此良好的根系能增强土壤团聚力,保障移栽时土块完整,降低根系损伤风险,缩短缓苗周期。本试验比较了不同的基质,其中大汉沃松基质培育的鲜食玉米幼苗根系发达坚韧,团聚土壤效果最佳,移栽时根系损伤率低,缓苗时间缩短,成活率显著提高。因此,建议实际生产中优先选用大汉沃松基

质,以提升种植效益。

参考文献:

- [1] 徐 丽,赵久然,卢柏山,等. 我国鲜食玉米种业现状及发展趋势[J]. 中国种业,2020(10):14–18.
- [2] 宋旭东,喻俊杰,张振良,等. 江苏省鲜食糯玉米优质高效生产技术[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(6):55–59.
- [3] 陈舜权,胡俏强,潘玖琴,等. 江苏省鲜食玉米产业现状及发展对策[J]. 安徽农业科学,2015,43(32):320–321,331.
- [4] 王 慧,卢有林,沈革志,等. 鲜食糯玉米淀粉 RVA 谱特征值分析及其与主要品质性状相关性研究[J]. 玉米科学,2011,19(4):98–102,107.
- [5] 姚霄宇,邱 纹,陆虎华,等. 种植密度和施肥方式对春播鲜食糯玉米产量、品质及氮素吸收利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2023,29(12):2258–2271.
- [6] 陈召玲. 鲜食玉米大棚穴盘育苗栽培技术[J]. 中国农机装备,2024(4):16–18.
- [7] 丁 检,孙彩霞,金炳胜,等. 蔬菜工厂化育苗关键技术[J]. 长江蔬菜,2024(6):6–9.
- [8] 郭 炜,于洪久,李玉梅,等. 不同育苗基质对玉米幼苗素质的影响[J]. 黑龙江农业科学,2012(4):71–73.
- [9] 吕佳雯,李文霞,李 凯,等. 穴盘穴数对玉米工厂化育苗效果的影响[J]. 中国种业,2018(4):58–60.
- [10] 颜秋艳,曾亮华,赖丽娟,等. 工厂化育苗生产线填土装置的设计研究[J]. 安徽农业科学,2016,44(4):322–323,344.
- [11] 吕 赢,王宇微,王 越,等. 黄瓜穴盘育苗不同配比基质筛选试验[J]. 长江蔬菜,2023(24):7–10.
- [12] 陈家秀,陈 林. 不同商品基质对辣椒育苗的影响[J]. 长江蔬菜,2024(24):10–13.
- [13] 柴文臣. 工厂化育苗基质配比及生长调节剂对番茄苗期生长的影响[D]. 太原:山西农业大学,2017:5–12.
- [14] 胡留杰,聂 明,杭晓宁,等. 育苗基质不同配方对糯玉米幼苗生长的影响[J]. 南方农业,2018,12(34):71–74.
- [15] 王林闯,许文钊,徐兵划,等. 不同类型育苗基质对无籽西瓜出苗及生长的影响[J]. 安徽农业科学,2019,47(4):69–70,78.
- [16] 梁赛英. 不同基质比对辣椒穴盘育苗的影响[J]. 安徽农业科学,2022,50(2):48–51.
- [17] 刘俊峰,孔亮亮,宋俏姮,等. 四川冬季设施鲜食玉米高产栽培技术探讨[J]. 安徽农学通报,2021,27(19):23–24.

Effects of Seedling Substrates on Growth of Fresh Waxy Maize Seedlings

XU Linya¹, MAO Yuxiang², DAI Qiyan³, WAN Jiming⁴, WU Changhao³, LU Huhua², HAO Derong²,
CHEN Guoqing², SONG Xudong²

(1. Nantong Cultivated Land Quality Protection Station, Nantong 226006, China; 2. Jiangsu Yanjiang Area Institute of Agricultural Sciences, Nantong 226012, China; 3. Nantong Shengli Electromechanical Technology Co., Ltd., Nantong 226001, China; 4. Nantong Punong Agricultural Development Co., Ltd., Nantong 226199, China)

Abstract: In order to optimize the industrialized seedling technology of fresh waxy corn and screen suitable seedling cultivation substrates, taking Suyunuo 11 and Suyunuo 818 as test varieties, this study analyzed the growth, dry matter accumulation of roots and aboveground, and the root-shoot ratio under Sanyi Nongye substrate(T1), Shouguang Hengxian substrate(T2) and Dahan Wosong substrate(T3). The results showed that different substrates had different effects on the seedlings of fresh waxy corn. Specifically, the Shouguang Hengxian substrate(T2) was superior to other substrates in improving the aboveground growth indexes of both varieties. For instance, the average plant height under T2 was 1.9% and 4.0% higher than that under T1 and T3 treatments, respectively, and the leaf area increased by 4.9% and 11.5%, while the Dahan Wosong substrate (T3) significantly increased root fresh weight by 57.1% and 6.9%, root dry weight by 112.9% and 71.6%, and root-shoot ratio by 123.9% and 96.3% compared to T1 and T2, respectively. Based on these findings, it is recommended to prioritize the Dahan Wosong substrate(T3) in the industrial seedling production of fresh waxy corn.

Key Words: Waxy corn; Substrate; Industrialized seedling; Seedling growth

陈国斌,刘婷婷,谢志坚,等. 18 个玉米新组合主要农艺性状与产量的多重分析[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):22–26(2025–07–29).
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2025.04.004.

18 个玉米新组合主要农艺性状与产量的多重分析

陈国斌,刘婷婷,谢志坚*,孟静娇,李琰聪,杨建国

(保山市农业科学研究院,云南 保山 678000)

摘要:采用 2024 年云南省玉米多点联合鉴定试验数据,通过相关分析、通径分析以及灰色关联度分析,研究玉米主要农艺性状和产量的关系。结果表明,主要农艺性状中,与产量相关程度(依相关系数)从大到小依次是穗粗(0.708 9) > 穗长(0.632 5) > 百粒质量(0.538 1) > 穗行数(0.512 1) > 出籽率(0.496 3) > 秃尖长(0.291 2) > 行粒数(0.218 0) > 穗位高(–0.176 4) > 生育期(–0.177 8) > 株高(–0.385 4);对产量贡献(依直接通径系数)从大到小依次是穗粗(0.381 0) > 穗长(0.345 5) > 出籽率(0.281 5) > 百粒质量(0.243 1) > 穗行数(0.206 6) > 行粒数(0.157 8) > 穗位高(0.155 8) > 秃尖长(–0.186 3) > 生育期(–0.190 0) > 株高(–0.196 8)。与产量的关联度(依关联系数)从大到小依次是穗粗(0.456 6) > 穗行数(0.444 3) > 出籽率(0.409 0) > 穗长(0.392 8) > 秃尖长(0.369 0) > 百粒质量(0.363 0) > 行粒数(0.347 0) > 生育期(0.269 2) > 株高(0.250 3) > 穗位高(0.231 3)。穗粗、穗长、出籽率和穗行数是影响玉米产量的主要因素。

关键词:组合;农艺性状;产量;相关分析;通径分析;灰色关联分析

中图分类号:S513

文献标志码:A

文章编号:1673–6486–20250056

西南地区是仅次于北方春玉米区和黄淮海夏玉米区的全国第三大玉米产区,其中云南省是西南山地玉米区主要的玉米种植省份,2023 年播种面积 194.4 万 hm^2 ,玉米产量 1 049.26 万 t,分别位居全国第 8 位和第 10 位,单位面积产量 5 398.35 kg/hm^2 ,仅位列全国第 22 位。云南省大部分地区海拔落差大,立体气候明显,生态类型多样,使得单产水平差异化显著^[1]。提高玉米单产是玉米育种者的首要任务,云南省各科研院所、企业朝着这一目标付出了较大努力,10 州(市)品种交换鉴定试验便是其中的一种重要方式,省内十余个育种单位每年提供 2 个优秀玉米组合在全省范围内种植鉴定,通过不同试验点的综合表现筛选出产量高、抗性强、适应性广的新组合,进入下一步的区域试验。为了进一步提高玉米育种水平,对目前新选育优良组合的性状进行分析非常重要^[2–3]。目前多采用相关分析、灰色关联分析、通径分析、聚类分析与主成分分析等方法对玉米主要产量性状进行研究^[4–6]。张正等对 97 个区域试验品种的主要农艺性状和穗部性状进行了相

关性和偏相关性分析,结果表明玉米株高与百粒质量呈正相关,与穗大小和穗粒数呈负相关,玉米穗位高与穗粗、行粒数呈负相关,玉米穗高系数与所有穗部性状均呈正相关^[7]。吕莹莹等对区域试验数据相关性和统计分析时发现,出籽率、百粒质量和穗粒数与产量相关系数最大,穗长和出籽率对产量的直接通径系数较大^[8]。孟静娇等对 12 个区域试验品种的 11 个性状进行灰色关联度分析,认为对玉米杂交种产量影响较大的主要农艺性状为穗长、株高和百粒质量,出籽率和秃尖长的影响较小^[9]。笔者通过对 2024 年 10 州(市)玉米品种交换鉴定试验数据的主要农艺性状和产量进行相关性分析、通径分析以及灰色关联度分析,剖析参试组合农艺性状间的相关性和对产量的影响,为新组合的筛选和玉米品种农艺性状的选择提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于云南省施甸县太平镇(99°03′E、24°52′N),海拔 1 900 m,属山地红壤,缓坡台地,中等肥力,无灌溉条件。2024 年 4 月 22 日透雨播种,施用农家肥 15 000 kg/hm^2 、尿素 150 kg/hm^2 、过磷酸钙 750 kg/hm^2 、硫酸钾 75 kg/hm^2 混合作底肥,同时

收稿日期:2025–05–19;修回日期:2025–07–24。

作者简介:陈国斌(1992—),男,农艺师,主要从事玉米新品种选育与示范推广工作。Email: 2414087128@qq.com。

* 通信作者:谢志坚(1985—),男,硕士,高级农艺师,从事玉米新品种选育与示范推广工作。Email: Xiezhijian1985@126.com。

防治地下害虫。玉米苗期遭遇轻微干旱,有利于蹲苗,生长后期降水偏多,持续阴雨天气,玉米生育期较往年相比偏长。

1.2 试验材料

本研究以 2024 年云南省内 10 州(市)多点联合鉴定试验结果为材料,共 18 个参试组合(包含对照品种五谷 3861)。

1.3 试验设计

本试验为玉米新组合鉴定试验,受田间条件等限制采用间比法排列,不设重复,每 5 个组合设 1 个对照品种(五谷 3861),小区面积 6.67 m²,通过后续空间分析降低系统偏差,双行播种,每区留苗 40 株,密度 6 万株/hm²,全区收获计产。

表 1 18 个参试组合

序号	组合名称	序号	组合名称	序号	组合名称
1	五谷 3861(CK)	7	昭 2024-1	13	楚 2024-2
2	楚 2024-1	8	大理 DY18-005	14	大理 DY18-772
3	文 2024-1	9	德宏 2021-2	15	德宏 2021-4
4	红 22-43	10	昭 2024-2	16	保 C24-4
5	石 2401	11	文 2024-2	17	红 22-229
6	保 E24-317	12	临 23-034	18	石 2402

1.4 数据统计和分析

采用 Excel 2010 进行数据初步处理,利用 DPS 7.05 对主要农艺性状(株高 X1、穗位高 X2、生育期 X3、穗行数 X4、行粒数 X5、百粒质量 X6、出籽率 X7、穗长 X8、穗粗 X9、秃尖长 X10、产量 y)进行相关分析、通径分析和灰色关联度分析。

2 结果与分析

2.1 主要农艺性状分析

由表 2 可知,18 个玉米新组合的生育期为 140 ~ 144 d,最早与最晚熟期仅相差 4 d;株高为 267 ~ 297 cm,穗位高 94 ~ 130 cm;石 2402 穗行数最多,为 18.6 行;德宏 2021-4 行粒数为 41.0 粒,居第 1 位;百粒质量最高的组合是保 E24-317,为 43.4 g,最低的组合是德宏 2021-4,为 30.8 g;楚 2024-1 的出籽率最高,达到 91.9%,其他组合间的出籽率较为接近;保 C24-4 的果穗最长,为 21.3 cm,红 22-43 果穗最短,为 16.4 cm;所有组合的产量在 9 194.94 ~ 11 643.06 kg/hm²,位居前 3 位的组合分别是石 2402、保 E24-317、楚 2024-1,产量分别为 11 643.06、11 519.65、11 435.47 kg/hm²,红 22-43 的产量最低,仅为 9 194.94 kg/hm²。

2.2 主要农艺性状与产量的相关分析

由表 3 可知,18 个玉米新组合的 10 个农艺性状与产量的相关程度(依相关系数)从大到小依次为:穗

粗(0.708 9) > 穗长(0.632 5) > 百粒质量(0.538 1) > 穗行数(0.512 1) > 出籽率(0.496 3) > 秃尖长(0.291 2) > 行粒数(0.218 0) > 穗位高(-0.176 4) > 生育期(-0.177 8) > 株高(-0.385 4)。产量与株高、生育期、穗位高呈负相关,与穗粗、穗长、百粒质量、穗行数、出籽率、秃尖长、行粒数呈正相关,说明在相同气候、土壤条件和栽培管理措施下,各组合株高、穗位高、生育期差异较小,与产量关系小。各主要农艺性状间,穗粗与行粒数、穗位高呈负相关,与秃尖长、百粒质量等其他性状呈正相关;穗长与株高、穗位高、生育期呈负相关,与百粒质量、穗行数等其他性状呈正相关;百粒质量与出籽率、秃尖长、穗长、穗粗呈正相关,与穗位高、行粒数、株高、穗行数、生育期呈负相关。穗行数与生育期、株高呈负相关;株高、穗位高、生育期皆与其他性状呈正相关。

2.3 主要农艺性状对产量的通径分析

由表 4 可知,18 个新组合主要农艺性状对产量贡献(依直接通径系数)从大到小依次为穗粗(0.381 0) > 穗长(0.345 5) > 出籽率(0.281 5) > 百粒质量(0.243 1) > 穗行数(0.206 6) > 行粒数(0.157 8) > 穗位高(0.155 8) > 秃尖长(-0.186 3) > 生育期(-0.190 0) > 株高(-0.196 8)。各性状的直接通径系数除秃尖长、生育期、株高外,均为正值,表明如果保持其他因素不变,提高穗粗、穗长、出籽率、百粒质量、穗行数、行粒数、穗位高 7 个因素中的任一因素,均对产量有积极影响。穗粗的直接通径系数最

大,通过穗长、百粒质量、穗行数和出籽率对产量有间接正效应,通过生育期、株高、行粒数和穗位高对产量有间接负效应。穗长的直接通径系数居第 2 位,通过秃尖长和穗位高对产量有间接负效应,通过其

他性状对产量有间接正效应。出籽率的直接通径系数居第 3 位,通过穗位高对产量有间接负效应,通过其他性状对产量有间接正效应。

表 2 主要农艺性状表现

组合	株高 / cm	穗位高 / cm	生育期 / d	穗行数 / 行	行粒数 / 粒	百粒质量 / g	出籽率 / %	穗长 / cm	穗粗 / cm	秃尖长 / cm	产量 / (kg/hm ²)
五谷 3861(CK)	276	96	140	16.9	35.0	37.5	87.6	17.2	4.8	0	10 006.23
楚 2024-1	286	100	142	17.6	39.2	38.1	91.9	19.2	5.2	0	11 435.47
文 2024-1	280	113	142	17.2	39.0	40.6	87.7	19.1	5.2	0.5	11 035.16
红 22-43	286	103	142	14.4	40.0	32.8	90.7	16.4	4.6	0	9 194.94
石 2401	289	104	143	15.2	40.5	33.6	83.6	19.0	5.0	0	9 823.83
保 E24-317	281	94	141	15.0	38.6	43.4	88.7	20.1	5.4	1.1	11 519.65
昭 2024-1	267	105	141	18.6	37.2	36.8	86.7	20.6	5.2	1.4	11 235.92
大理 DY18-005	274	102	140	15.6	38.2	36.5	90.2	18.6	4.8	0.8	10 654.40
德宏 2021-2	297	116	141	16.8	37.0	32.9	85.5	19.4	5.2	0.6	9 892.59
昭 2024-2	289	121	144	15.6	36.0	40.0	88.5	18.0	5.4	0	10 460.56
文 2024-2	294	125	143	15.2	39.3	38.2	88.3	18.8	5.0	0.6	10 301.66
临 23-034	296	120	142	17.6	34.0	37.5	83.9	17.4	5.2	0	10 244.11
楚 2024-2	287	130	141	16.4	37.3	31.8	86.0	18.6	4.8	1.0	10 142.04
大理 DY18-772	284	102	142	14.8	38.2	40.5	89.4	19.6	5.0	0	10 994.00
德宏 2021-4	283	127	143	16.0	41.0	30.8	89.5	17.8	4.8	0	10 232.60
保 C24-4	289	116	142	17.8	37.4	39.5	90.5	21.3	5.2	1.0	11 371.29
红 22-229	296	105	143	15.6	33.5	36.1	85.0	18.8	4.8	0.5	9 337.55
石 2402	288	109	142	18.6	39.0	33.8	90.8	18.6	5.4	0	11 643.06

表 3 主要农艺性状间的相关系数

相关系数	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	y
X1	1.000 0										
X2	0.434 8	1.000 0									
X3	0.539 3	0.413 8	1.000 0								
X4	-0.164 4	0.108 5	-0.243 4	1.000 0							
X5	-0.213 2	0.008 2	0.139 4	-0.230 1	1.000 0						
X6	-0.176 8	-0.364 8	-0.012 9	-0.038 6	-0.223 8	1.000 0					
X7	-0.306 3	-0.204 5	-0.067 2	0.019 5	0.464 9	0.181 2	1.000 0				
X8	-0.152 5	-0.111 0	-0.104 0	0.305 9	0.064 9	0.416 7	0.048 1	1.000 0			
X9	0.087 6	-0.001 0	0.158 0	0.468 7	-0.068 1	0.524 4	0.045 8	0.501 8	1.000 0		
X10	-0.333 5	0.036 7	-0.428 6	0.182 6	-0.097 0	0.197 7	-0.097 8	0.670 4	0.131 7	1.000 0	
y	-0.385 4	-0.176 4	-0.177 8	0.512 1	0.218 0	0.538 1	0.496 3	0.632 5	0.708 9	0.291 2	1.000 0

表 4 主要农艺性状对产量的通径分析

变量	直接通径系数	间接通径系数									
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	-0.196 8		0.067 8	-0.102 5	-0.034 0	-0.033 6	-0.043 0	-0.086 2	-0.052 7	0.033 4	0.062 1
X2	0.155 8	-0.085 5		-0.078 6	0.022 4	0.001 3	-0.088 7	-0.057 5	-0.038 3	-0.000 4	-0.006 8
X3	-0.190 0	-0.106 1	0.064 5		-0.050 3	0.022 0	-0.003 1	-0.018 9	-0.035 9	0.060 2	0.079 9
X4	0.206 6	0.032 3	0.016 9	0.046 2		-0.036 3	-0.009 4	0.005 5	0.105 7	0.178 6	-0.034 0
X5	0.157 8	0.041 9	0.001 3	-0.026 5	-0.047 5		-0.054 4	0.130 8	0.022 4	-0.025 9	0.018 1
X6	0.243 1	0.034 8	-0.056 8	0.002 4	-0.008 0	-0.035 3		0.051 0	0.143 9	0.199 8	-0.036 8
X7	0.281 5	0.060 3	-0.031 9	0.012 8	0.004 0	0.073 3	0.044 0		0.016 6	0.017 4	0.018 2
X8	0.345 5	0.030 0	-0.017 3	0.019 8	0.063 2	0.010 2	0.101 3	0.013 5		0.191 2	-0.124 9
X9	0.381 0	-0.017 2	-0.000 2	-0.030 0	0.096 8	-0.010 7	0.127 5	0.012 9	0.173 4		-0.024 5
X10	-0.186 3	0.065 6	0.005 7	0.081 4	0.037 7	-0.015 3	0.048 1	-0.027 5	0.231 6	0.050 2	

2.4 灰色关联度分析

由表 5 可知,10 个农艺性状与产量的关联度(依关联系数)从大到小依次为穗粗(0.456 6) > 穗行数(0.444 3) > 出籽率(0.409 0) > 穗长(0.392 8) > 秃尖长(0.369 0) > 百粒质量(0.363 0) > 行粒数(0.347 0) > 生育期(0.269 2) > 株高(0.250 3) > 穗位高(0.231 3)。表明穗粗、穗行数、出籽率对产量的影响最大,秃尖长、百粒质量、行粒数次之且影响相近,生育期、株高、穗位高影响较小。

表 5 玉米产量与各性状间的关联度

序号	性状	关联系数
1	穗粗(X9)	0.456 6
2	穗行数(X4)	0.444 3
3	出籽率(X7)	0.409 0
4	穗长(X8)	0.392 8
5	秃尖长(X10)	0.369 0
6	百粒质量(X6)	0.363 0
7	行粒数(X5)	0.347 0
8	生育期(X3)	0.269 2
9	株高(X1)	0.250 3
10	穗位高(X2)	0.231 3

3 讨论与结论

玉米产量性状是一个复杂的数量性状,由多个因素共同影响^[4],关键是找出影响玉米产量的主要

因素或者主导因子。笔者通过对 2024 年云南 10 州(市)玉米交换鉴定试验主要农艺性状和产量的关系进行相关分析、通径分析及灰色关联度分析,发现 18 个玉米新组合主要农艺性状中,与产量相关程度由高到低依次为穗粗、穗长、百粒质量、穗行数、出籽率、秃尖长、行粒数、穗位高、生育期、株高;对产量的直接影响由大到小依次为穗粗、穗长、出籽率、百粒质量、穗行数、行粒数、穗位高、秃尖长、生育期、株高;与产量的关联程度由大到小依次为穗粗、穗行数、出籽率、穗长、秃尖长、百粒质量、行粒数、生育期、株高、穗位高。各分析方法呈现出的影响玉米产量的关键性因素及主次程度略有不同。相关分析以穗粗、穗长、百粒质量、穗行数为产量主导因子,通径分析以穗粗、穗长、出籽率、百粒质量为产量主导因子,灰色关联度分析以穗粗、穗行数、出籽率、穗长为产量主导因子。但是,其关键因子的同质性也是明显的,综合分析可以看出,穗粗、穗长、出籽率和穗行数是影响玉米产量的主要因素,这与张时军等研究结果^[6,8]大致相同,与杨海荣等研究结果^[10]不同,他们认为芯质量、百粒质量和行粒数是影响玉米产量的主要因素。因此,在玉米新品种选育和筛选过程中,要注重穗粗、穗长的重点选择,同时加强出籽率和穗行数的选择,这与保山试验点周边地区乃至全省范围内的农户乐于接受大穗型、大籽粒品种的现实情况基本一致。另外,株高、穗位高、生育期等性状与产量的相关性和对产量的贡献较小,但在新品种组配时,可以将其纳入考虑范围,通过定向选择提高其对产量的贡献率。

参考文献:

- [1] 孟静娇,李琰聪,赵毕昆,等. 云南保山玉米品种联合体区域试验结果综合分析[J]. 南方农业学报,2017,48(10):1776–1781.
- [2] 陈发波,杨克诚,荣廷昭,等. 西南及四川区试玉米组合主要性状分析及育种对策探讨[J]. 玉米科学,2007,15(4):41–45.
- [3] 李文龙,李 聪,冯艳飞,等. 113 份玉米自交系产量与主要农艺性状分析[J]. 黑龙江农业科学,2023(9):1–7.
- [4] 陈春艳,杨 珊,李清超,等. 5 个玉米新组合产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 中国农学通报,2022,38(15):11–16.
- [5] 郭海红,李 强,赵 帆,等. 毛乌素沙区玉米农艺性状及产量的相关和通径分析[J]. 陕西农业科学,2024,70(5):20–26, 59.
- [6] 张时军,施吉嵘,罗开勇,等. 玉米联合体昭通试点 45 个参试品种产量和穗部性状表现及相关通径分析[J]. 安徽农业科学,2023,51(24):38–40,44.
- [7] 张 正,杨 睿,董春林,等. 玉米表观性状的相关性分析[J]. 山西农业科学,2020,48(12):1883–1886.
- [8] 吕莹莹,张 萌,沈丹丹,等. 玉米区域试验品种产量与穗部性状的相关与通径分析[J]. 华北农学报,2017,32(S1):160–165.
- [9] 孟静娇,张树明,刘婷婷,等. 玉米杂交种主要农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 农业科技通讯,2021(4):128–129,163.
- [10] 杨海荣,杨 乾,张曰镜,等. 全膜双垄沟播春玉米农艺性状与产量的通径分析[J]. 陕西农业科学,2018,64(2):47–51.

Multiple Analysis of Main Agronomic Traits and Yield of 18 New Maize Combinations

CHEN Guobin, LIU Tingting, XIE Zhijian, MENG Jingjiao, LI Yancong, YANG Jianguo
(Baoshan Academy of Agricultural Sciences, Baoshan 678000, China)

Abstract: The relationship between main agronomic traits and yield of maize was studied by correlation analysis, path analysis and grey correlation analysis based on the results of multi-point joint identification test of Maize in Yunnan Province in 2024. The results showed that among the main agronomic traits, the correlation degree with yield (correlation coefficient) was as follows: diameter (0.708 9) > ear length (0.632 5) > 100 grain weight (0.538 1) > rows per ear (0.512 1) > seed yield (0.496 3) > bald tip length (0.291 2) > grains per row (0.218 0) > ear height (-0.176 4) > growth period (-0.177 8) > plant height (-0.385 4). The contribution to yield (direct path coefficient) was as follows: ear diameter (0.381 0) > ear length (0.345 5) > seed yield (0.281 5) > 100 grain weight (0.243 1) > rows per ear (0.206 6) > grains per row (0.157 8) > ear height (0.155 8) > bald tip length (-0.186 3) > growth period (-0.190 0) > plant height (-0.196 8). The order of the correlation degree with yield was ear diameter (0.456 6) > rows per ear (0.444 3) > seed yield (0.409 0) > ear length (0.392 8) > bald tip length (0.369 0) > 100 grain weight (0.363 0) > grains per row (0.347 0) > growth period (0.269 2) > plant height (0.250 3) > ear height (0.231 3). The main factors affecting the yield of maize were ear diameter, ear length, seed yield and rows per ear.

Key Words: Combination; Agronomic traits; Yield; Correlation analysis; Path analysis; Grey relational analysis

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

李 龙,张舒钰,章慧敏,等. 糯玉米种子大小分级对幼苗长势的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):27–31(2025–08–08). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.005>.

糯玉米种子大小分级对幼苗长势的影响

李 龙¹,张舒钰²,章慧敏²,王仁明³,马 亮²,马 璐²,冒宇翔²,周广飞²,张振良²,郝德荣²,陆虎华²,陈国清²,宋旭东^{2*}

(1. 宿迁中江种业有限公司,江苏 宿迁 223800;2. 江苏沿江地区农业科学研究所,江苏 南通 226012;

3. 青岛联合利农进出口有限公司,山东 青岛 266109)

摘要:为探讨不同粒级大小种子对鲜食糯玉米出苗及幼苗长势的影响,以苏玉糯 11 为材料,通过不同大小孔径振动筛将供试种子分为大、中、小 3 个等级,并调查种子大小对出苗率、出苗指数、活力指数、株高、茎直径及干物质积累等指标的影响。结果表明,与小粒(T3)种子相比,大粒(T1)、中粒(T2)种子的出苗率分别高 31.7%和 26.4%,出苗指数分别高 55.9%和 34.1%,活力指数 I 分别高 130.6%和 85.8%,活力指数 II 分别高 197.3%和 114.3%。从幼苗物质积累看,大粒(T1)、中粒(T2)种子根系鲜质量较小粒种子(T3)分别高 57.9%和 37.9%,地上部鲜质量分别高 56.7%和 42.1%,植株总鲜质量分别高 48.1%和 23.9%。本研究表明,在糯玉米播种前,应对种子进行分级处理,优先选用较大粒种子,以提升出苗率和幼苗整齐度。

关键词:鲜食玉米;种子大小;幼苗长势

中图分类号:S513

文献标志码:B

文章编号:1673–6486–20250062

鲜食玉米是重要的特粮特经作物,是农业产业结构调整优化、推进绿色高效农业发展的关键作物^[1]。鲜食玉米具黏软清香、食味优良、营养丰富等特点,深受消费者青睐^[2–3]。目前市场上鲜食玉米产品形式主要是鲜果穗销售和速冻加工,对鲜食玉米的外观品质和成熟度要求严格,但鲜食玉米生产上却存在群体质量普遍偏低,果穗大小、成熟度不一致,商品率低等问题,严重制约种植户的经济效益。

国以农为本,农以种为先。种子质量不仅是农业生产效益与发展的基石,还直接影响作物群体质量、果穗大小和成熟度等关键指标。作为种子商品品质的重要衡量标准,粒级大小及其整齐度直接反映了种胚中营养物质的储存水平,而这些营养物质对种子的萌发和幼苗的出苗至关重要^[2]。研究表明,与小粒种子相比,大粒种子通常具有更高的萌发率和出苗率,更容易达到苗全、苗齐、苗壮的要求^[3]。然而,也有研究表明,与大粒种子相比,小粒种子表现

出更好的萌发率和出苗率^[4]。张海娇等研究指出,尽管大粒种子的幼苗在早期生长阶段表现出显著的表型优势,且具有更强的非生物胁迫抗性,但小粒种子幼苗可通过调控相对生长速率,能够逐步缩小差距,甚至实现追赶^[5]。因此,探究种子大小差异对作物萌发特性及幼苗建成的影响,能为提高播种质量、构建高效育苗体系提供科学依据。

前人对种子大小与萌发特性、出苗质量和幼苗建植成效的研究多集中在普通玉米上,鲜有关于糯玉米种子大小与生长差异之间关系的研究。本研究以鲜食糯玉米品种苏玉糯 11 为材料,探究不同粒级种子对出苗特性、种子活力及幼苗生长指标的影响,旨在为提升糯玉米群体质量与商品率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2024 年在江苏沿江地区农业科学研究所光照培养箱(GXZ-500)进行。供试鲜食糯玉米品种为苏玉糯 11(江苏省种植面积较大的品种),由江苏沿江地区农业科学研究所提供。本试验选用直径分别为 7、6、5 mm 的振动筛,将供试种子分成大种子(T1)、中种子(T2)和小种子(T3)3 种类型。不同粒级种子百粒质量见图 1。试验采用 72 穴穴盘,其规

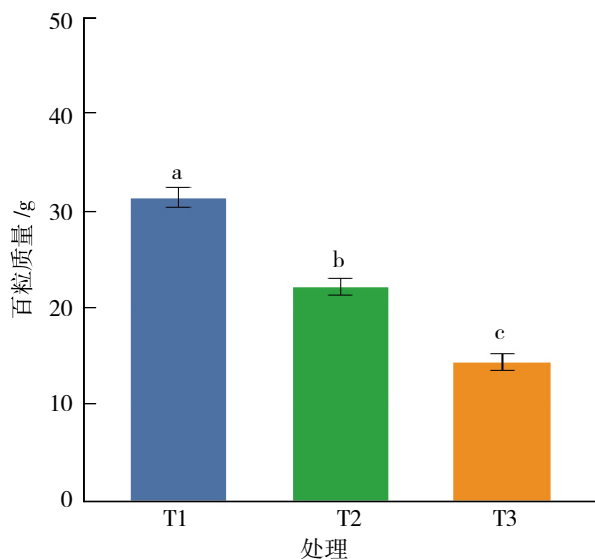
收稿日期:2025–05–26;修回日期:2025–07–21。

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(23)1043];江苏省现代农机装备与技术示范推广项目(NJ2023–05);南通市社会民生科技计划(MS2023057)。

作者简介:李 龙(1991—),男,硕士,农艺师,主要研究方向为作物新品种选育和高产试验示范。Email: 2430919921@qq.com。

* 通信作者:宋旭东(1992—),男,硕士,助理研究员,主要研究方向为玉米栽培与遗传。Email: xudong.song@foxmail.com。

格为长 53.5 cm、宽 27.5 cm、高 4.5 cm。育苗基质选用大汉沃松栽培基质, 主要以欧洲进口粗泥炭、椰糠等为主要原料。参照刘强等的方法^[2]进行种子处理, 每穴播种 1 粒, 处理结束后将所有穴盘置于光照培养箱中培养, 培养条件设置为: 白天光照 14 h(温度 26℃), 晚上黑暗 10 h(温度 22℃)。



不同小写字母表示不同处理间差异具有统计学意义($P < 0.05$)。下图同

图 1 玉米不同大小种子百粒质量

1.2 测定项目及方法

1.2.1 种子出苗情况测定。分别于播种后第 7 天统计不同处理下种子的出苗率、出苗指数和活力指数^[9]。

出苗率 = 正常出苗种子数 / 供试种子数 $\times 100\%$;

出苗指数 = G_i / D_i , 式中: D_i 为出苗天数; G_i 为与 D_i 相对应的每天出苗种子数。

活力指数 I = 出苗指数 $\times$ 幼苗高度;

活力指数 II = 出苗指数 $\times$ 幼苗鲜质量。

1.2.2 幼苗长势测定。分别于播种后第 10、12、14 和 16 天统计不同处理下大苗 (株高 ≥ 5 cm)、小苗 (株高 < 5 cm) 和无萌发种子数量, 并分别计算大苗比率、小苗比率和未萌发比率。

大苗比率 = 大苗数量 / 播种数量 $\times 100\%$;

小苗比率 = 小苗数量 / 播种数量 $\times 100\%$;

未萌发比率 = 未萌发数量 / 播种数量 $\times 100\%$ 。

1.2.3 幼苗生长指标测定。播种后第 16 天(2 叶 1 心), 测定其株高、茎直径、叶面积、地上部和根系鲜质量和干质量。每个处理随机抽取 1 盘为 1 次重复, 重复 6 次, 每盘随机取苗 10 株。

1.3 数据处理

采用 Excel 2020 和 SPSS 24.0 进行数据处理和

分析, 不同处理间采用最小显著差异法(LSD)进行多重比较, 显著性水平设定为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 玉米不同大小种子对出苗的影响

由图 2 可知, 随着玉米种子粒级减小, 其出苗率、出苗指数和活力指数整体呈下降趋势。与小粒种子(T3)相比, 大粒(T1)和中粒种子(T2)出苗率分别提高 31.7% 和 26.4%, 出苗指数分别高 55.9% 和 34.1%, 活力指数 I 分别高 130.6% 和 85.8%, 活力指数 II 分别高 197.3% 和 114.3%。除活力指数 II 外, 大粒(T1)与中粒种子(T2)各指标差异均无统计学意义。

2.2 玉米不同大小种子对幼苗长势的影响

由表 1 可知, 种子大小影响幼苗的整齐度, 大种子的幼苗整齐度最高, 表现为小苗比率和未萌发比率最低。播种后第 10 和 12 天, 大粒种子(T1)和中粒种子(T2)的大苗比率差异具统计学意义; 但随着培育时间的延长(14 和 16 d), 大粒种子(T1)和中粒种子(T2)的大苗比率差异无统计学意义, 但与小粒种子(T3)间的差异具统计学意义。大粒种子(T1)处理下大苗比率最高, 大粒(T1)、中粒(T2)种子大苗比率较小粒种子(T3)在播种后 10 d 分别高出 75.5% 和 41.7%, 播种后 12 d 分别高 84.5% 和 37.8%, 播种后 14 d 分别高 57.3% 和 42.9%, 播种后 16 d 分别高 50.1% 和 40.9%。

2.3 玉米不同大小种子对株高和茎直径的影响

由图 3 可知, 随着玉米粒级变小, 平均株高和茎直径均呈现降低的趋势, 其中大粒种子(T1)株高与中粒种子(T2)、小粒种子(T3)差异具统计学意义, 但茎直径间三者差异无统计学意义。

2.4 玉米不同大小种子对幼苗鲜质量的影响

由图 4 可知, 随着玉米粒级的减小, 植株和根系鲜质量均呈现降低的趋势。大粒种子(T1)处理下幼苗根系鲜质量、地上部鲜质量和植株总鲜质量最高, 大粒(T1)、中粒(T2)种子根系鲜质量较小粒种子(T3)分别高出 57.9% 和 37.9%, 地上部鲜质量分别高 56.7% 和 42.1%, 植株总鲜质量分别高 48.1% 和 23.9%。与小粒种子(T3)相比, 大粒种子(T1)和中粒种子(T2)的根系鲜质量、地上部鲜质量和植株总鲜质量差异具统计学意义, 但是大粒种子(T1)和中粒种子(T2)相比差异无统计学意义。

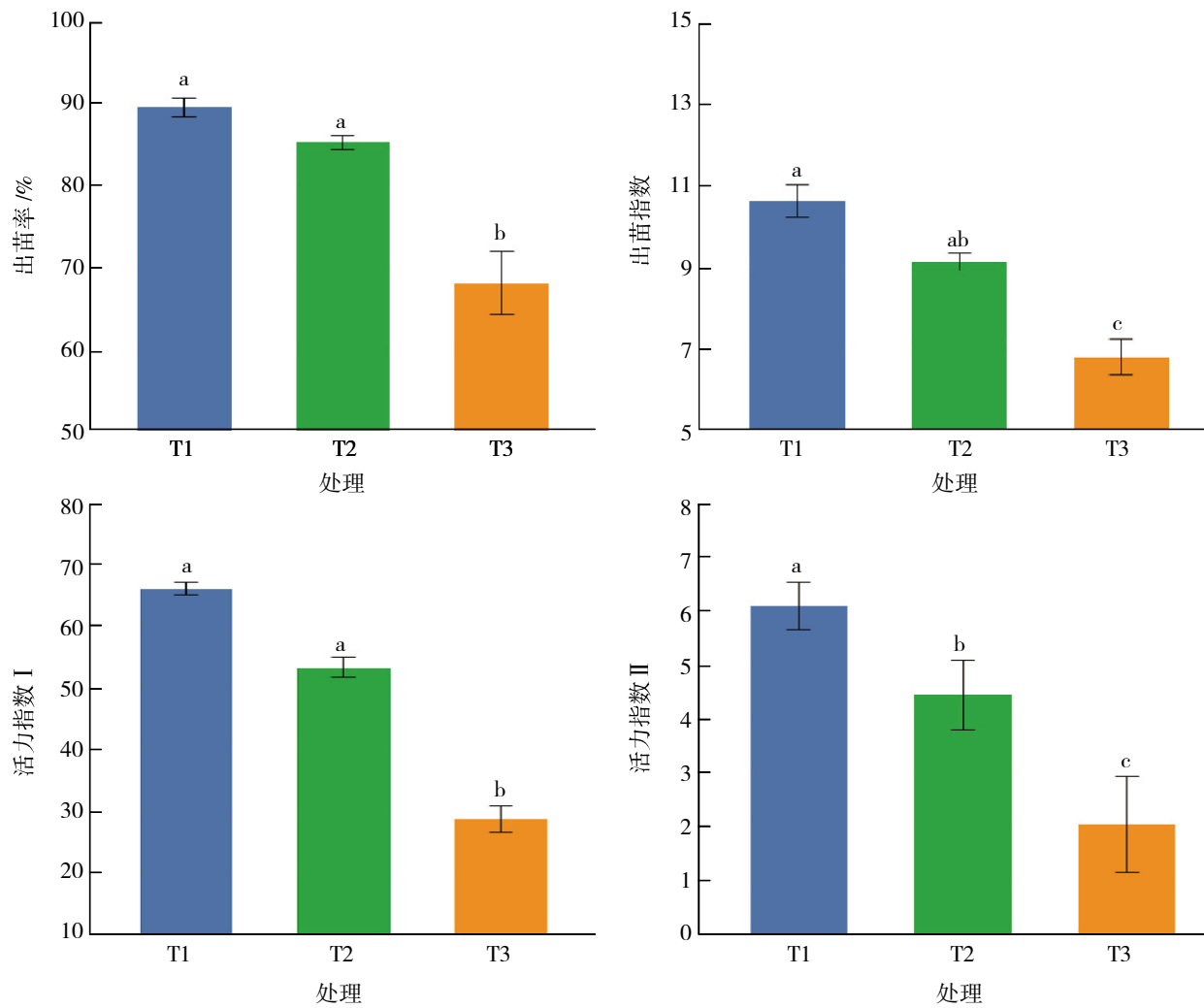


图 2 玉米不同大小种子对出苗率、出苗指数和活力指数的影响

表 1 不同大小种子对幼苗长势的影响

	大苗比率 /%				小苗比率 /%				未萌发比率 /%			
	10 d	12 d	14 d	16 d	10 d	12 d	14 d	16 d	10 d	12 d	14 d	16 d
T1	81.6 ± 1.9 a	91.7 ± 2.0 a	91.7 ± 2.1 a	91.7 ± 1.7 a	5.77 ± 0.8 b	0 b	0 c	0 c	12.1 ± 0.2 b	8.3 ± 0.1 b	8.3 ± 0.2 b	8.3 ± 0.4 b
T2	65.9 ± 1.7 b	68.5 ± 1.6 b	83.3 ± 1.0 a	86.1 ± 1.5 a	20.4 ± 0.7 a	21.8 ± 0.8 a	8.3 ± 0.5 b	7.1 ± 0.6 b	13.7 ± 0.4 b	9.7 ± 0.2 b	8.3 ± 0.1 b	6.8 ± 0.2 b
T3	46.5 ± 1.8 c	49.7 ± 1.1 c	58.3 ± 0.8 b	61.1 ± 1.3 b	20.4 ± 0.5 a	23.2 ± 0.8 a	16.7 ± 0.5 a	14.7 ± 0.4 b	33.1 ± 1.2 a	27.1 ± 1.1 a	25.0 ± 0.8 a	24.2 ± 0.5 b

注:表中数值为平均值 ± 标准误;同列数据后不同小写字母表示处理间差异具有统计学意义 ($P < 0.05$)。

2.5 玉米不同大小种子对幼苗干质量的影响

由图 5 可知,与幼苗鲜质量相似,随着玉米粒级的变小,植株和根系干质量也呈现降低的趋势。大粒种子(T1)和中粒种子(T2)的根系干质量比小粒种子(T3)分别高 79.2%和 48.5%,差异具统计学

意义 ($P < 0.05$),地上部干质量、总干质量也是如此,但是大粒种子(T1)的地上部干质量、根系干质量和植株总干质量与中粒种子(T2)相比差异均不具有统计学意义。

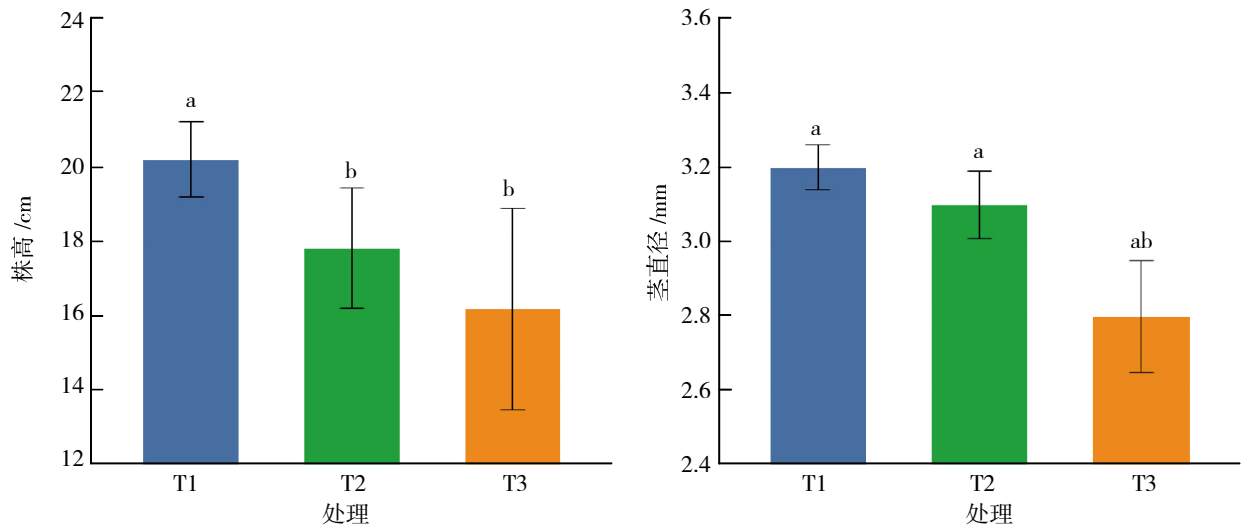


图 3 不同大小种子对幼苗株高和茎直径的影响

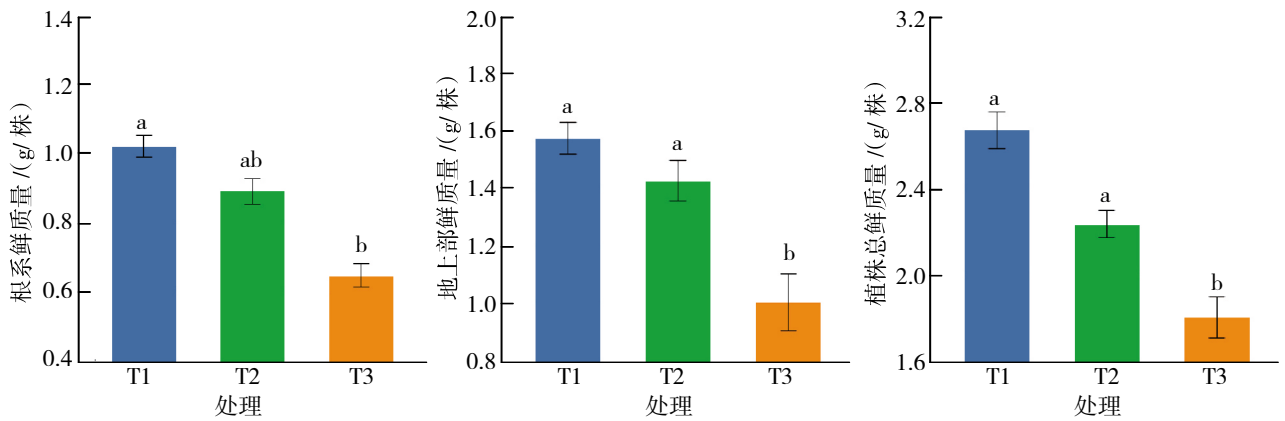


图 4 不同大小种子对幼苗根系鲜质量、地上部鲜质量和植株总鲜质量的影响

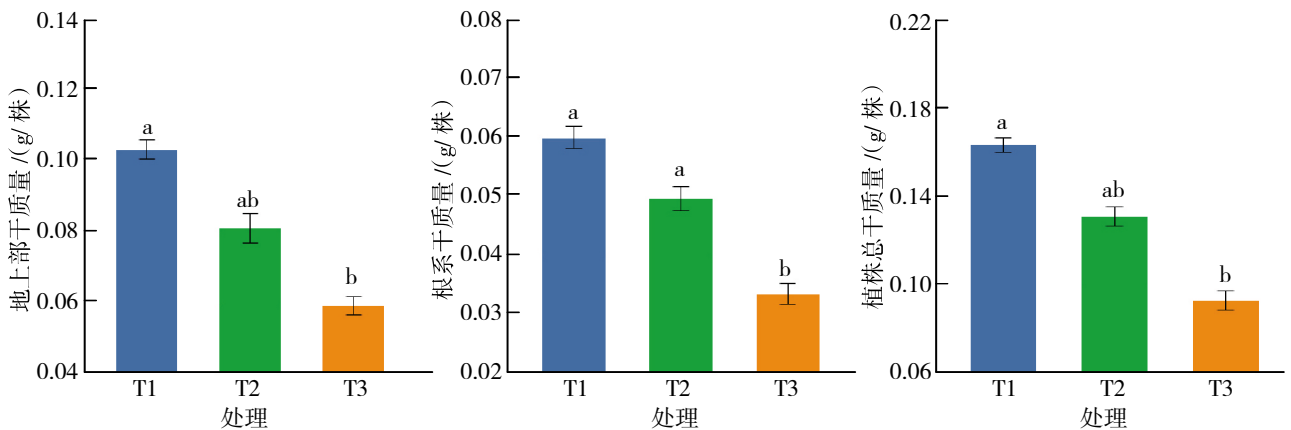


图 5 不同大小种子对幼苗地上部干质量、根系干质量和植株总干质量的影响

3 讨论与结论

种子作为植物生长发育的起始基础,其粒径尺度对幼苗的生长进程产生关键影响。当前,有关玉米种粒规格与出苗表现和生育周期的研究已积累阶段性成果,但结论尚不完全一致。一般认为,大粒

种子较小粒种子的出苗更整齐,幼苗长势更优,成苗率更高^[6]。然而也有研究表明,种子大小对出苗率和出苗速率无显著影响,甚至发现种子大小与出苗率呈显著负相关^[7],这可能是由于大粒种子角质化组织较为疏松且内含物含量相对较高所致,发芽需水量更多,因此在田间持水量过大或不足的情况下,易

造成种子腐烂或干枯,因而种子出苗率降低^[8-9]。这些不同的研究结果可能是由物种、品种或试验环境的差异造成的。

研究表明,糯玉米大粒种子和中粒种子的出苗率、出苗指数、活力指数和出苗整齐度均优于小粒种子,这与前人的研究结果^[2-4]一致,这可能是因为大、中粒种子因具有良好的母体效应,胚乳可提供充足的营养,促使出苗后幼苗生长均匀一致,成苗率提升。程秋博等在不同粒级种子大田的试验中发现,玉米中、大粒种子的发芽率、发芽指数和活力指数较高,幼苗和植株的长势较旺,茎粗和叶面积较大,且在田间表现出显著的增产幅度,分别高达16.3%和13.2%^[3]。本研究还表明,大、中粒种子的地上部和根系干物质积累均优于小粒种子,说明其根系吸收能力与光合作用效率更高,从而为后期幼苗生长提供了更充足的养分。综上所述,在糯玉米高产栽培实践中,优先选用中、大粒型种子可有效培育壮苗,且苗势健壮这一优势在生长发育后期仍可延续,为实现增产奠定坚实的种子生理生态学基础。

种子大小分级是提升群体质量的重要手段^[10]。当前许多玉米品种存在显著的种粒大小差异,且不同粒级种子与萌发特性的关联性尚未明晰,这为科学制定种子分级标准造成了困难。本研究结果表明,糯玉米品种苏玉糯11的大、中粒种子的出苗能力、活力指数更强,且在苗期表现出更高的整齐度和干物质积累量,这可能使后期形成的果穗成熟度一

致、商品率更高。因此,为进一步提高鲜食糯玉米种植效益,要重视种子大小分级处理,尽可能选用较大粒种子,淘汰小粒级种子,最终达到高产、高效的目的。

参考文献:

- [1] 徐丽,赵久然,卢柏山,等.我国鲜食玉米种业现状及发展趋势[J].中国种业,2020(10):14-18.
- [2] 刘强,秦保平,董瑞,等.玉米种子大小对其萌发、活力及幼苗生长的影响[J].山东农业科学,2016,48(10):62-64.
- [3] 程秋博,孔凡磊,豆攀,等.籽粒大小对机播玉米苗期生长及产量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(12):56-63.
- [4] 江绪文,李贺勤,王建华.不同大小玉米种子萌发及活力初步研究[J].种子,2014,33(6):75-78.
- [5] 张海娇,李志强,邹原东,等.不同基因型种子籽粒大小对玉米生长发育的影响[J].现代农业科技,2020(17):1-2.
- [6] 杜江洪,赵宇宏,李文革,等.种子大小分级对玉米种子活力、生长发育和产量的影响[J].中国种业,2017(5):48-50.
- [7] MOLATUDI R L, MARIGA I K, 马志强.玉米种子大小和播种深对出苗和幼苗活力的影响[J].中国种业,2010(7):59-60.
- [8] 刘斌祥,程秋博,周芳,等.种子大小与播种深度对玉米出苗、苗期光合特性与保护酶活性的影响[J].华北农学报,2020,35(2):98-106.
- [9] 马秀云,赵鹏,程明珠,等.小麦粒重与幼苗根系生长发育的关系[J].麦类作物学报,2023,43(5):632-639.
- [10] 杜红,张亚菲,朱卫红.不同品种玉米种子大小粒活力差异比较[J].农业科技通讯,2021(5):126-128.

Effects of Waxy Maize Seed Size on Seedling Growth

LI Long¹, ZHANG Shuyu², ZHANG Huimin², WANG Renming³, MA Liang², MA Lu², MAO Yuxiang²,
ZHOU Guangfei², ZHANG Zhenliang², HAO Derong², LU Huhua², CHEN Guoqing², SONG Xudong²

(1. Suqian Zhongjiang Seed Industry Co., Ltd., Suqian 223800, China; 2. Jiangsu Yanjiang Area Institute of Agricultural Sciences, Nantong 226012, China; 3. Qingdao United Agricultural Import and Export Co., Ltd., Qingdao 266109, China)

Abstract: To explore the effects of seeds with different sizes on the emergence and growth of seedlings in fresh waxy maize, the Suyunuo 11 was used as the material in the study. The tested seeds were divided into three grades: large, medium and small through vibrating sieves with different pore sizes, and the effects of seed size on the emergence rate, emergence index, vigor index, plant height, stem diameter and dry matter accumulation were investigated. The results showed that compared with small-sized seeds (T3), the emergence rate of large-sized (T1) and medium-sized seeds (T2) were 31.7% and 26.4% higher respectively, the emergence indices were 55.9% and 34.1% higher respectively, vigor index I were 130.6% and 85.8% higher respectively, and vigor index II were 197.3% and 114.3% higher respectively. In term of dry matter accumulation of seedlings, the fresh weights of roots of large-sized (T1) and medium-sized (T2) seeds were 57.9% and 37.9% higher than those of small-sized seeds (T3) respectively, the fresh weights of above-ground parts were 56.7% and 42.1% higher respectively, and the total fresh weights of plants were 48.1% and 23.9% higher respectively. This study showed that seeds should be graded before sowing waxy maize, and larger seeds should be preferentially selected to improve the emergence rate and seedling uniformity.

Key Words: Fresh maize; Seed size; Seedling growth

席宁居,王 军,冯 晶,等. 巴州焉耆春小麦品种评比及综合评价[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):32–39,52(2025–08–13). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.006>.

巴州焉耆春小麦品种评比及综合评价

席宁居¹,王 军²,冯 晶³,郑江洪³,王 梓¹,张书芳¹,张力月¹,赵立宁¹,杨卫君^{1*}

(1. 新疆农业大学农学院,新疆 乌鲁木齐 830052;2. 巴州旭丰农业科技开发有限公司,新疆 焉耆 841100;

3. 焉耆县农业技术推广中心,新疆 焉耆 841100)

摘要:为选出适宜在焉耆县种植的春麦品种,对 11 个不同春小麦品种进行种植比较,采用随机区组设计,测定并分析比较不同春麦品种的农艺性状、产量及品质性状,同时用主成分分析及差异性比较不同春麦品种的品质和产量性状,最后对产量和品质性状进行聚类分析,将 11 个春麦品种分成 4 个类群并分析总结每一类群的主要特性。结果表明,优质型品种为核春 115、新春 44、核春 121,蛋白质和面筋质量分数均较高,品质表现优良,但产量分别为 7 723.5、7 906.5、7 737.0 kg/hm²,相对较低;高产型品种为粮春 1242,产量较高,但品质性状较低,如蛋白质和面筋质量分数分别为 13.7%、27.7%;高产优质型品种为新春 40、新春 37。根据田间和综合表现,新春 40、新春 37、粮春 1242 为适宜在焉耆地区种植的春麦品种。

关键词:春小麦;农艺性状;产量;品质

中图分类号:S512.1

文献标志码:B

文章编号:1673–6486–20250073

小麦在全球粮食体系中占据着关键地位,其产量与品质的提升对于保障粮食安全、满足食品加工等行业需求意义非凡^[1]。在农业生产中,不同地区的环境差异显著影响春小麦生长^[2],品种适应性成为关键因素。新疆焉耆县地处温带大陆性干旱气候区,春季气温回升快,夏季气候温和,热量充足,日照时间长,昼夜温差较大,对春小麦生长发育十分有利,是新疆春小麦种植的重要区域之一^[3]。已有学者在不同地区开展了优质专用型小麦品种筛选研究:关月明在陕西杨凌、山西翼城地区对 12 个小麦品种比较研究表明,适宜推广的优质小麦品种 JM919 和 XN198 具有高产抗旱性及高水分利用效率的综合特性^[4];曹衡等在新疆昌吉地区对 9 个小麦品种的适应性、抗逆性、丰产性等进行比较分析,结果表明,冀麦 U80 产量表现较好,适宜在北疆推广种植^[5]。目前在新疆焉耆县小麦研究多集中于小麦栽培技术研究,有关小麦品种筛选的研究较少。多年来,焉耆地区春小麦品种较多,但生产上优质、高产易推广的春麦品种较少,很多企业和农民选择春麦品

种时较为困难。此次开展的 11 个春麦品种评比试验,精准剖析各品种在当地的生育期、群体动态、农艺与品质及产量性状表现,以期筛选出契合当地环境的优质高产品种,为当地春小麦种植提供科学指导,从而优化种植结构,增强农业生产效益与稳定性,有力推动当地农业的可持续发展。

1 材料与方法

1.1 材料来源

本研究对 2024 年新疆维吾尔自治区春小麦区域试验的 11 个供试品种进行评比,具体包括:旭麦 1 号,由巴州旭丰农业科技开发有限公司培育;新春 37、新春 40、新春 44、新春 6 号、核春 115、核春 121、粮春 1758、粮春 1242、粮春 1354,由新疆维吾尔自治区农业科学院作场研究所培育;SD1605,由石河子大学麦类作物研究所培育。

1.2 试验时间与地点

试验于 2024 年 3 月 12 日—7 月 12 日在新疆维吾尔自治区巴音郭楞蒙古自治州焉耆回族自治县永宁镇春麦试验地(86.34°E、42.03°N)开展,海拔为 1 065 m,该地属中温带大陆性干旱气候区,年平均气温 8~9℃,无霜期 175 d,年降水量 89 mm,年均日照总时数 3 062 h。试验地地势平坦,栽培条件均匀一致,土壤质地为砂壤土,全氮含量(质量分数,

收稿日期:2025–06–25;修回日期:2025–08–06。

基金项目:新疆现代农业(小麦)产业技术体系项目(XJARS–01)。

作者简介:席宁居(2001—),男,硕士研究生,研究方向为小麦高产栽培。Email: 18199479573@163.com。

* 通信作者:杨卫君(1984—),女,博士,副教授,研究方向为小麦高产栽培。Email: 1984_ywj@163.com。

下同) 0.62 g/kg、有机质含量 12.7 g/kg、碱解氮含量 58 mg/kg、有效磷含量 16 mg/kg、速效钾含量 210 mg/kg, pH 值为 8.4, 全盐含量 1.6 g/kg。

1.3 试验设计

区域试验采用随机区组排列, 重复 3 次, 小区面积为 16.8 m² (4.0 m × 4.2 m), 行距 15 cm, 播深 3 ~ 5 cm, 播种量按 50 万粒 / 667 m² (顶凌播种) 计算。小区四周设保护行。

1.4 田间管理

翻地时间为 2023 年 10 月 28 日, 翻地深 30 cm, 整地质量良好。播种期为 2024 年 3 月 12 日, 出苗期为 3 月 30 日。

底肥: 有机肥 1 800 kg/667 m², 2023 年 10 月 15 日施用; 种肥: 磷酸二氢铵 25 kg/667 m², 2024 年 3 月 10 日施用。

中耕锄草: 2024 年 5 月 10 日化除 1 次。

追肥: 2024 年 4 月 18 日滴灌追施尿素 15 kg/667 m²; 2024 年 5 月 5 日追施尿素 15 kg/667 m²、磷酸二氢铵 5 kg/667 m²、硫酸钾 2 kg/667 m²; 2024 年 5 月 23 日追施尿素 15 kg/667 m²、磷酸二氢铵 5 kg/667 m²、硫酸钾 2 kg/667 m²; 2024 年 6 月 12 日追施尿素 10 kg/667 m²、磷酸二氢铵 5 kg/667 m²、硫酸钾 2 kg/667 m²; 2024 年 6 月 25 日施尿素 5 kg/667 m²、硫酸钾 2 kg/667 m²。

生育期内灌水 7 次, 施肥的同时滴灌浇水。收获期为 7 月 12 日。

1.5 生育期、群体动态及抗逆性测定

生育期调查包括出苗期、分蘖期、拔节期、抽穗期和成熟期, 以“月 - 日”表示。

群体动态。基本苗数: 于苗后 3 叶期前, 在固定样区内数取苗数, 折合成万株 / hm²。最高总茎数: 拔节前分蘖数达到最高峰时在固定样区内调查, 折合成万个 / hm²。

收获穗数: 收获前, 在固定样区内调查, 以万穗 / hm² 表示。

抗逆性方面。倒伏: 记录倒伏日期、程度、面积。锈病: 小麦叶片(鞘、茎)上是否有锈病孢子堆。白粉病: 叶片部位是否有白粉病病斑。

1.6 室内考种指标测定

株高: 从植株基部起至穗顶端, 不连芒, 单位为 cm。穗长: 从穗基部至穗顶端, 不包括芒, 单位为 cm。小穗数: 从穗轴基部将小穗分离下来放置培养皿中, 观察计数。结实小穗数: 用镊子将小穗从穗轴分离, 将饱满籽粒的小穗计数。穗粒数: 将完整穗的

籽粒取下, 直接计数籽粒数量。黑胚率: 随机取 100 粒籽粒, 放入培养皿, 用放大镜观察籽粒胚部, 将黑色或褐色病变籽粒视为黑胚粒, 黑胚率 = (黑胚粒数 / 总粒数) × 100%。

1.7 产量及品质指标的测定

产量为实收产量, 所有参试品种籽粒成熟后, 按小区单独收获测产, 每一品种取 6 个点各 0.5 m² 插入铁环, 人工收割, 并使用脱粒机脱粒, 去除杂质后称质量测产。品质性状使用瑞典 Perten IM9500 型近红外谷物分析仪(仪器使用前经厂商配套标准样品校准验证, 测定过程符合 ISO 12099:2017 标准)测定春小麦籽粒水分质量分数、蛋白质(干基)质量分数、面筋(湿基)质量分数、淀粉(湿基)质量分数、吸水率。

1.8 气候因素对试验的影响

春季气温平稳上升, 出苗快而整齐。拔节期气温偏高, 生育进程提前, 5 月 15 日前后, 抽穗、扬花期遇到高温, 对授粉不利。6 月 25 日前后灌浆期有 3 ~ 5 d 连续高温, 对灌浆有影响, 收获期温度偏高, 后期脱水较快, 后熟不完全, 产量较往年偏低。

1.9 数据整理与分析

利用 DPS 9.01 软件进行数据分析, Origin 2021 作图, 进行方差分析与 Duncan's 多重比较, 采用系统聚类法进行分类。

2 结果与分析

2.1 生育期、群体动态及抗逆性比较

2.1.1 不同春小麦品种生育期比较。由表 1 可知, 参试品种的播种期、出苗期、分蘖期、拔节期均相同, 分别为 3 月 12 日、3 月 30 日、4 月 20 日、4 月 27 日, SD1605 抽穗期最早(5 月 16 日), 粮春 1242 抽穗期最晚(5 月 25 日), 其余品种抽穗期相差 4 d 以内, 新春 37、新春 40、新春 44、核春 115 和粮春 1758 成熟期均较早(7 月 5 日), SD1605、核春 121 和粮春 1354 成熟期次之(7 月 7 日), 旭麦 1 号、粮春 1242 和新春 6 号成熟期较晚(7 月 10 日)。11 个春麦品种中新春 37、新春 40、新春 44、核春 115、粮春 1758 的全生育期均为 115.0 d, 生长期较短, 相对早熟。SD1605、核春 121、粮春 1354 的全生育期均为 117.0 d, 生长期适中, 相对中熟。而旭麦 1 号、粮春 1242、新春 6 号的全生育期均为 120.0 d, 生长期较长, 相对晚熟。

表 1 不同春小麦品种生育期比较

品种	播种期 (月 - 日)	出苗期 (月 - 日)	分蘖期 (月 - 日)	拔节期 (月 - 日)	抽穗期 (月 - 日)	成熟期 (月 - 日)	全生育期 / d
旭麦 1 号	03-12	03-30	04-20	04-27	05-21	07-10	120.0
新春 37	03-12	03-30	04-20	04-27	05-21	07-05	115.0
新春 40	03-12	03-30	04-20	04-27	05-18	07-05	115.0
新春 44	03-12	03-30	04-20	04-27	05-20	07-05	115.0
SD1605	03-12	03-30	04-20	04-27	05-16	07-07	117.0
核春 115	03-12	03-30	04-20	04-27	05-20	07-05	115.0
核春 121	03-12	03-30	04-20	04-27	05-20	07-07	117.0
粮春 1758	03-12	03-30	04-20	04-27	05-20	07-05	115.0
粮春 1242	03-12	03-30	04-20	04-27	05-25	07-10	120.0
粮春 1354	03-12	03-30	04-20	04-27	05-22	07-07	117.0
新春 6 号	03-12	03-30	04-20	04-27	05-19	07-10	120.0

2.1.2 不同春小麦品种群体动态及抗逆性比较。如表 2 所示,不同春小麦品种的基本苗数有很大差异。其中旭麦 1 号和新春 44 基本苗数较少,初始种植密度相对较低,分别为 507.0 万、528.0 万株 /hm²。新春 37、核春 115、核春 121、新春 6 号基本苗数较多,均在 675.0 万株 /hm² 以上。其余品种基本苗数适中。

最高总茎数能反映品种的分蘖能力,对生物量和产量增加有潜在优势。旭麦 1 号、新春 44 和 SD1605 的最高总茎数较低,均在 750.0 万个 /hm² 以下。核春 115 和粮春 1354 的最高总茎数较高,分别

为 996.0 万、1 012.5 万个 /hm², 其余品种的最高总茎数适中,均在 682.5 万 ~ 973.5 万个 /hm²。

收获穗数是产量构成的关键因素^[6-7]。旭麦 1 号和新春 44 收获穗数依然较少, 分别为 429.0 万、442.7 万穗 /hm², 核春 115 和核春 121 收获穗数较多,分别为 651.3 万、663.8 万穗 /hm²,其余品种收获穗数在 567.8 万 ~ 625.1 万穗 /hm²。供试的 11 个春小麦品种的抗逆性均表现良好,倒伏均未出现,11 个品种对锈病(条锈和叶锈)及白粉病表现免疫,反应型均为 0 级。

表 2 不同春小麦品种群体动态及抗逆性比较

品种	基本苗数 / (万株 /hm ²)	最高总茎数 / (万个 /hm ²)	收获穗数 / (万穗 /hm ²)	倒伏程度 / 级	倒伏面积 / %	锈病(条、叶) (反应型) / 级	白粉病 (反应型) / 级
旭麦 1 号	507.0	739.5	429.0	0	0	0	0
新春 37	681.0	883.5	616.7	0	0	0	0
新春 40	642.0	934.5	618.0	0	0	0	0
新春 44	528.0	682.5	442.7	0	0	0	0
SD1605	621.0	723.0	568.4	0	0	0	0
核春 115	684.0	996.0	651.3	0	0	0	0
核春 121	687.0	828.0	663.8	0	0	0	0
粮春 1758	616.5	940.5	625.1	0	0	0	0
粮春 1242	648.0	973.5	613.1	0	0	0	0
粮春 1354	664.5	1 012.5	569.4	0	0	0	0
新春 6 号	699.0	940.5	567.8	0	0	0	0

注:小麦倒伏程度分级标准:0 级,不倒伏;1 级,倒伏轻微,植株倾斜角度 ≤ 30°;2 级,中度倒伏,倾斜角度 > 30° ~ 45°;3 级,倒伏较重,倾斜角度 > 45° ~ 60°;4 级,倒伏严重,倾斜角度 > 60°。锈病分级标准:0 级,无侵染症状 / 偶有极小淡色斑点(不产生孢子堆);1 级,叶片有黄白色枯斑,或孢子堆少而小;2 级,夏孢子堆小到中等,条锈可排成条状,周围有坏死反应;3 级,夏孢子堆中等,数量较多且无坏死反应,有部分褪绿现象;4 级,夏孢子大量聚集成堆,数量众多且无褪绿现象。白粉病分级标准:0 级,无病;1 级,病斑占整个叶面积的 5% 以下;2 级,病斑占整个叶面积的 6% ~ 15%;3 级,病斑占整个叶面积的 16% ~ 35%;4 级,病斑占整个叶面积的 36% ~ 50%;5 级,病斑占整个叶面积的 50% 以上。

2.2 农艺性状比较

由表 3 可知,整体来看,不同春小麦品种农艺性状有很大差异。11 个春小麦品种的株高在 65.0 ~ 95.0 cm,其中粮春 1242、新春 44 的株高较高,分别为 95.0、90.0 cm,而 SD1605 和新春 37 的株高较低,分别为 65.0、75.0 cm,其余品种株高在 80.0 ~ 87.0 cm。粮春 1354 和粮春 1242 的穗长较长,分别为 9.6、9.4 cm,而新春 40 和核春 121 的穗长较短,分别为 7.9、7.6 cm,其余品种的穗长在 8.2 ~ 9.2 cm。粮春 1242 的小穗数最多,旭麦 1 号次之,核春 121 最少,分别为 20.3、18.1、13.8 个/穗。粮春 1242 的结实小穗数最多,为 20.2 个/穗,核春 121 和粮春 1758 的结实小穗数较少,分别为 12.1、14.6 个/穗,其余品种结实小穗数在 15.9 ~ 16.7 个/穗。值得注意的是,由新春 40、SD1605 的小穗数和结实小穗数相同可知,所有小穗均正常发育并受精结实。粮春 1242 的

穗粒数最多,粮春 1354 次之,核春 121 最少,分别为 62.0、47.6、30.5 粒/穗,其余品种穗粒数在 32.0 ~ 45.7 粒/穗。仅有旭麦 1 号的黑胚率为 0.03%,其余品种的黑胚率为 0,分析原因可能由于各参试品种小麦自身对黑胚病具较好的抗性,加上小麦灌浆期(6 月 25 日)连续多天的高温天气、降水较少等焉耆县独特的气候条件有利于减轻黑胚病的发生。

2.3 产量性状比较

如表 4 所示,整体来看,不同春小麦品种产量指标差异明显。其中旭麦 1 号和新春 40 的千粒质量较大,分别为 55.9、55.7 g,粮春 1242 的千粒质量最小,仅为 37.4 g;粮春 1242 的主穗粒质量最大,为 3.0 g/穗,新春 37 的主穗粒质量最小,为 0.8 g/穗,其余品种主穗粒质量均在 1.6 ~ 2.4 g/穗;产量表现较好的品种有粮春 1242、新春 40、新春 37,产量分别为 10 654.5、10 210.5、9 567.0 kg/hm²。

表 3 不同春小麦品种的农艺性状比较

品种	株高 /cm	穗长 /cm	小穗数 /(个/穗)	结实小穗数 /(个/穗)	穗粒数 /(粒/穗)	黑胚率 /%
旭麦 1 号	82.0	8.7	18.1	16.2	36.8	0.03
新春 37	75.0	9.2	16.8	15.9	39.1	0
新春 40	87.0	7.9	16.3	16.3	32.0	0
新春 44	90.0	9.1	16.9	16.0	41.5	0
SD1605	65.0	8.2	16.7	16.7	35.1	0
核春 115	80.0	8.7	16.8	16.7	33.0	0
核春 121	81.0	7.6	13.8	12.1	30.5	0
粮春 1758	82.0	8.9	14.7	14.6	38.1	0
粮春 1242	95.0	9.4	20.3	20.2	62.0	0
粮春 1354	80.0	9.6	17.7	16.1	47.6	0
新春 6 号	87.0	9.2	16.2	16.0	45.7	0

表 4 不同春小麦产量性状比较

品种	千粒质量 /g	主穗粒质量 /(g/穗)	产量 /(kg/hm ²)
旭麦 1 号	55.9	2.2	7 971.0
新春 37	51.3	0.8	9 567.0
新春 40	55.7	1.7	10 210.5
新春 44	52.0	2.1	7 906.5
SD1605	44.1	1.6	8 691.0
核春 115	46.7	1.6	7 723.5
核春 121	48.9	1.8	7 737.0
粮春 1758	46.2	2.0	9 120.0
粮春 1242	37.4	3.0	10 654.5
粮春 1354	45.9	2.3	9 327.0
新春 6 号	44.5	2.4	7 933.5

2.4 农艺性状相关性分析

农艺性状的相关分析(表 5)表明,各种农艺性状存在一定的相关性,尤其是春小麦穗部性状存在极强的相关性。其中穗长与穗粒数呈极显著正相关。小穗数与结实小穗数、穗粒数呈极显著正相关。结实小穗数与穗粒数呈显著正相关。

2.5 品质性状比较

如表 6 所示,粮春 1242 水分质量分数相对最高,为 11.3%,新春 44 水分质量分数最低,为 10.5%,粮春 1242 的水分质量分数与其他品种间的差异具统计学意义($P < 0.05$),其中新春 40 和粮春 1758 水分质量分数相同,均为 11.1%;新春 6 号和粮春 1354 水分质量分数相同,均为 10.9%。核春 115 蛋

白质质量分数最高,新春 44 次之,粮春 1758 最低,分别为 16.6%、16.1%和 13.0%,核春 115 蛋白质质量分数和其他品种间的差异具统计学意义($P < 0.05$)。

各品种的面筋质量分数存在较大差异,核春 115 和新春 44 的面筋质量分数分别为 34.6%和 33.5%,其中核春 115 和其他品种间的差异具统计学意义($P < 0.05$)。粮春 1758 淀粉质量分数最高,为 69.6%,核春 115 淀粉质量分数最低,为 66.4%,核春 115 和其他品种间的差异具统计学意义($P < 0.05$)。

吸水率结果显示,各品种的吸水率范围为 54.0%~57.5%,其中粮春 1242 与旭麦 1 号、粮春 1354、新春 44、新春 40、粮春 1758、核春 121 和新春 37 间的差异具统计学意义($P < 0.05$)。

表 5 小麦农艺性状的相关性分析

指标	产量	株高	穗长	小穗数	结实小穗数	穗粒数
株高	0.22					
穗长	0.23	0.30				
小穗数	0.46	0.33	0.59			
结实小穗数	0.55	0.31	0.53	0.92**		
穗粒数	0.49	0.54	0.77**	0.74**	0.71*	
黑胚率	-0.26	-0.01	-0.04	0.26	0.02	-0.12

注:* 和 ** 分别表示显著相关($P < 0.05$)、极显著相关($P < 0.01$)。

表 6 不同春小麦品种品质性状比较

品种	水分质量分数 /%	蛋白质质量分数 /%	面筋质量分数 /%	淀粉质量分数 /%	吸水率 /%
旭麦 1 号	11.2 ± 0.04 b	15.0 ± 0.10 cd	30.9 ± 0.31 cd	68.3 ± 0.06 e	56.2 ± 0.32 bc
新春 37	11.0 ± 0.07 d	14.9 ± 0.10 d	30.6 ± 0.15 d	68.7 ± 0.17 cd	54.0 ± 0.62 f
新春 40	11.1 ± 0.03 c	14.5 ± 0.12 e	29.6 ± 0.17 e	69.2 ± 0.21 b	55.1 ± 0.82 de
新春 44	10.5 ± 0.04 g	16.1 ± 0.06 b	33.5 ± 0.12 b	67.3 ± 0.06 g	55.8 ± 0.71 cd
SD1605	11.0 ± 0.06 d	14.6 ± 0.10 e	29.9 ± 0.26 e	68.7 ± 0.06 c	57.4 ± 0.31 a
核春 115	10.9 ± 0.03 e	16.6 ± 0.06 a	34.6 ± 0.10 a	66.4 ± 0.06 h	54.2 ± 0.06 f
核春 121	10.6 ± 0.06 f	16.0 ± 0.06 b	33.3 ± 0.15 b	67.6 ± 0.10 f	54.2 ± 0.32 f
粮春 1758	11.1 ± 0.05 c	13.0 ± 0.15 g	26.1 ± 0.35 g	69.6 ± 0.12 a	54.5 ± 0.15 ef
粮春 1242	11.3 ± 0.03 a	13.7 ± 0.22 f	27.7 ± 0.06 f	68.7 ± 0.06 cd	57.5 ± 0.42 a
粮春 1354	10.9 ± 0.06 e	15.1 ± 0.06 c	31.1 ± 0.15 c	68.1 ± 0.04 e	56.0 ± 0.17 bc
新春 6 号	10.9 ± 0.06 e	14.5 ± 0.06 e	29.6 ± 0.26 e	68.5 ± 0.06 d	56.8 ± 0.30 ab

注:同列数据后不同小写字母表示品种间差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

将表 6 中 11 个不同春小麦品种的各品质性状类别采用 z -score 标准化法进行原始数据无量纲化处理后,利用主成分分析提取因子,计算各小麦品种 5 个品质指标的特征值以及方差贡献率,采用汤姆逊回归法计算主成分得分,根据特征值 > 1 的原则提取主成分,采用主成分所对应的权重进行加权求和^[8],计算得到春小麦各品质性状主成分得分及排名。由表 7 可知,前 2 个主成分累计贡献率达 92.078%,第 1 主成分贡献率达 68.966%,主要代表是蛋白质、面筋和淀粉质量分数,第 2 主成分贡献率为 23.112%,主要代表是吸水率。

表 7 各品质性状的主成分分析

性状	成分 1	成分 2
水分质量分数	-0.775	0.414
蛋白质质量分数	0.984	-0.021
面筋质量分数	0.984	-0.030
淀粉质量分数	-0.950	-0.206
吸水率	0.022	0.975
特征值	3.448	1.156
贡献率 /%	68.966	23.112
累计贡献率 /%	68.966	92.078
权重	0.747	0.253

表 8 11 个小麦品种品质性状主成分得分及排名

品种	成分 1	成分 2	得分	排名
核春 115	1.59	1.01	1.44	1
新春 44	1.36	-0.38	0.92	2
核春 121	1.07	-1.40	0.45	3
粮春 1354	0.22	0.08	0.18	4
SD1605	-0.28	1.01	0.04	5
旭麦 1 号	-0.15	0.58	0.03	6
新春 6 号	-0.22	0.51	-0.03	7
粮春 1242	-1.04	1.47	-0.41	8
新春 37	-0.24	-1.28	-0.51	9
新春 40	-0.67	-0.53	-0.64	10
粮春 1758	-1.63	-1.08	-1.49	11

2.6 聚类分析

将 11 个不同春小麦品种依 5 个国家标准评定的品质性状和 2 个产量性状(包括水分、蛋白质、面筋、淀粉质量分数及吸水率、千粒质量和产量)进行

由表 8 可知,核春 115 在第 1 主成分得分最高,说明核春 115 的蛋白质、面筋和淀粉质量分数较其他春小麦品种有较大优势。粮春 1242 在第 2 个主成分得分最高,说明粮春 1242 的含水率较其他春小麦品种有较大优势。根据不同春小麦品种前 2 个主成分得分与相应权重乘积的累加和计算得到各品质性状得分,不同春小麦品种各品质性状得分由高到低为:核春 115 > 新春 44 > 核春 121 > 粮春 1354 > SD1605 > 旭麦 1 号 > 新春 6 号 > 粮春 1242 > 新春 37 > 新春 40 > 粮春 1758。

聚类分析^[9]。如图 1 所示,聚类分为 4 类,聚类 I 包括核春 115、新春 44、核春 121 以及旭麦 1 号,特点为高品质,蛋白质和面筋质量分数平均值较高,分别为 15.9%和 33.1%。聚类 II 包括 SD1605、新春 6

号、粮春 1758 和粮春 1354,特点为均衡,其各产量指标及品质指标均在 4 类中处于中间类型。聚类Ⅲ包括新春 40 和新春 37,特点为粒大饱满,该类型品种千粒质量较高,平均值达 53.5 g,致使产量较高,平均为 9 888.8 kg/hm²,品质性状也相对良好(蛋白质质量分

数 14.7%, 面筋质量分数 30.1%)。聚类Ⅳ包括粮春 1242,其特点是高产,但品质一般(蛋白质质量分数 13.7%),产量为 10 654.5 kg/hm²,得益于该类品种高达 62.0 粒/穗的穗粒数与 3.0 g/穗的主穗粒质量,其面筋质量分数仅为 27.7%,其余指标相对适中。

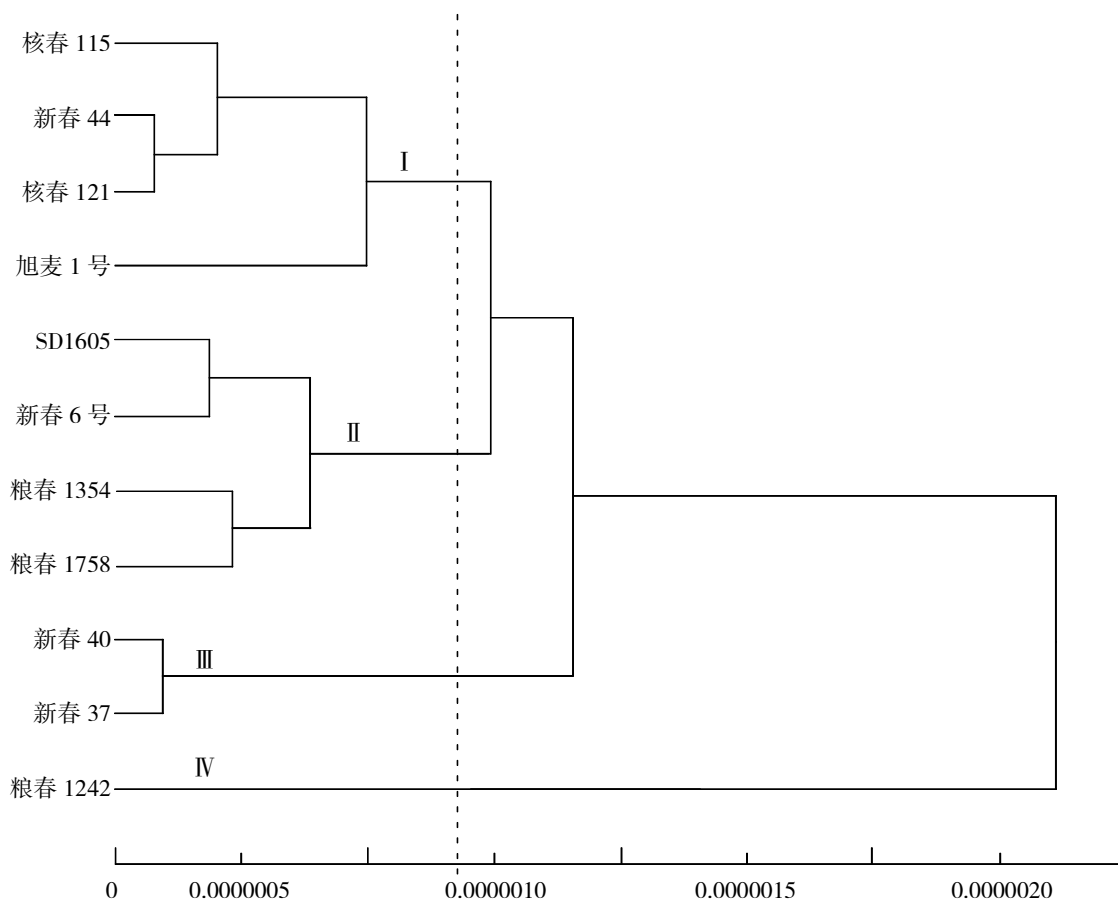


图 1 11 个小麦品种聚类分析

3 讨论

小麦在生育中后期易发生倒伏,对小麦的产量及品质造成影响^[10],因而筛选小麦抗逆品种是抵御自然灾害、提高逆境下小麦产量的重要措施之一^[11]。有研究指出,株高、各个节间的形态结构以及基部节间的抗倒伏能力是衡量小麦倒伏的重要因素^[12]。本试验中,各品种春小麦株高范围在 65.0 ~ 95.0 cm,各品种小麦无倒伏,抗倒伏能力均较好。

我国人均耕地较少,为满足粮食需求,目前提高总产的主要途径是增加小麦平均单产,因此,小麦籽粒产量是当前研究的重点^[13]。小麦的产量性状与农艺性状紧密相关。本研究通过调查不同品种春小麦在相同试验条件下的小穗数、穗粒数、结实小

穗数、千粒质量和产量等产量指标的表现,同时利用产量指标与农艺性状的相关性分析及对各品种产量进行排名,以准确筛选出适宜在焉耆地区种植的高产春麦品种。本研究发现穗长与穗粒数呈极显著正相关,相关系数为 0.77,这与薛纬国的研究结果^[14]一致,表明适当增加穗长能促进穗粒数增加,从而提升产量。产量排名前 3 位的是粮春 1242、新春 40 和新春 37,说明以上 3 个品种适宜在焉耆地区种植。坑巴提·木沙等研究发现,粮春 1242 的产量较地主栽品种宁春 16 号高 21.26%^[15];樊哲儒等研究发现,新春 40 比对照新春 6 号增产 8.31%,在正常灌溉处理的 34 个品种(系)中排第 2 位^[16]。由此可见,本研究的产量排名结果与前人的结果基本相符,具有较高的客观性与准确性。

小麦品质在小麦的生产过程中具有重要的作用,小麦品质的保障也成为重要的工作^[17]。主成分分析在作物上的应用表明,可将作物多个主要品种指标转化为较少的几个主成分^[18]。目前,对小麦品质性状的主成分进行了大量的研究,但不同小麦品种(系)品质性状的主成分分析,其主成分因子也不尽相同。如蔡金华等对31个小麦品种的9个品质性状进行主成分分析,结果表明,粗蛋白质含量、湿面筋含量和面团形成时间等性状对小麦品质贡献最大^[18];赵鹏涛等对219份小麦品系的10个品质性状进行主成分分析,发现沉降值因子的贡献率最高(52.21%)^[19]。本研究通过主成分分析将5个品质性状转化为2个主成分,累积贡献率达到了92.078%,基本反映了小麦的品质性状信息。依据各主成分因子的贡献率,通过品质性状得分,结果表明,核春115、新春44和核春121这3个春小麦品种品质性状得分较高。

聚类分析能大概区分小麦各性状的综合表现,如米勇等对39个小麦品种7个农艺性状进行聚类分析,将试验品种划分为5个类群^[20];张从宇等对102个小麦品种进行了一系列评价,根据4个品质性状将102个小麦品种聚为6个类群^[21]。本研究选择产量性状和品质性状进行聚类分析,将11个春小麦品种7个性状分为4个类群,类群I包括核春115、新春44、核春121以及旭麦1号,产量性状相对表现一般(平均产量7 834.5 kg/hm²),但品质性状如蛋白质质量分数(平均值为15.9%)、面筋质量分数(平均值为33.1%)、吸水率(平均值为54.7%)等表现较好,这类品种品质性状更优,为优质型品种,该类品种在春麦产业下游更受欢迎,可作优质春小麦品种进行品种选育和推广。类群IV包括粮春1242,品质性状相对一般(蛋白质质量分数13.7%,面筋质量分数27.7%),但产量(10 654.5 kg/hm²)较高,为高产型品种,该品种更易实现高产,更易推广,可增加粮食供给及生产者增收。类群III包括新春40和新春37,产量平均为9 888.8 kg/hm²,蛋白质、面筋质量分数平均分别为14.7%和30.1%,为高产优质型品种,该类品种推广效果更好,有助于焉耆县春麦产业及种植结构的良性循环。本研究仅对供试品种1年1点试验结果进行分析,对表现突出品种的更多产量和品质性状还有待进一步深入研究。

4 结论

研究表明,高产型品种为粮春1242和新

春40,优质型品种为核春115、新春44,高产优质型品种为新春40、新春37,适宜在新疆焉耆县种植的春小麦品种为新春40、新春37、粮春1242。

参考文献:

- [1] 候丽丽. 施氮量对新疆不同品质类型春小麦品种产量和品质的影响[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2013:1-2.
- [2] 贾永红,魏海鹏,侯殿亮,等. 新疆自育春小麦品种抗旱性及农艺性状相关性评价[J]. 新疆农业科学,2023,60(12):2940-2948.
- [3] 王海标,毕显杰,宋敏,等. 焉耆垦区春小麦种植气候条件分析及高产栽培技术[J]. 中国农技推广,2023,39(8):34-37.
- [4] 关月明. 旱作小麦耗水特性及高产抗旱品种筛选[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2024:49-50.
- [5] 曹衡,李玉鹏,连金龙,等. 新疆冬小麦外引品种筛选试验[J]. 新疆农业科技,2022(2):18-21.
- [6] 袁秀萍. 春小麦地方品种主要农艺性状及抗病性的鉴定和评价[J]. 安徽农业科学,2009,37(1):28-30.
- [7] 吴智年,王天文,魏振胜. 春小麦新品种对比试验及农艺性状综合评价[J]. 农业科技与信息,2022(5):1-4.
- [8] 刘茜,陈敏,靳可婷,等. 四川省9个柑橘品种果实挥发性香气成分差异性分析及评价[J]. 中国果树,2025(1):55-67.
- [9] 吴欣明,方志红,池惠武,等. 30个青贮玉米在雁门关地区品种评比试验[J]. 草业学报,2022,31(1):205-216.
- [10] 苏亚蕊,孙少光,刘浩婷,等. 不同小麦品种(系)抗倒伏性状多样性分析[J]. 麦类作物学报,2021,41(10):1238-1246.
- [11] 胡荣海. 小麦品种(系)抗逆性评价、筛选及应用[J]. 植物学通报,1991,26(1):9-13,8.
- [12] 邵庆勤,李文阳,闫素辉,等. 不同小麦品种的抗倒伏能力研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(28):11301-11303.
- [13] 王辉,孙道杰,时晓伟,等. 关中地区小麦超高产育种问题探讨[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(1):37-40.
- [14] 薛纬国. 70份小麦新品系农艺性状、抗性 & 品质的筛选与评价[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2023:25-26.
- [15] 坑巴提·木沙,梁晓东. 优质高产春小麦新品种引进与鉴定[J]. 农村科技,2023(5):18-20.
- [16] 樊哲儒,张跃强,李剑峰,等. 高产早熟抗倒伏春小麦新品种:新春40号[J]. 麦类作物学报,2014,34(6):875.
- [17] 张志鹏,李菁,王兴龙,等. 170份小麦高代品系品质性状的相关性分析和聚类分析[J]. 安徽农业科学,2023,51(3):28-33.
- [18] 蔡金华,杨阳,单延博,等. 35份小麦种质资源品质性状的主成分和聚类分析[J]. 浙江农业科学,2017,58(5):758-760,763.
- [19] 赵鹏涛,赵卫国,罗红炼,等. 小麦主要品质性状相关性 &

(下转第52页)

付甜甜,黄慧云,漆文静,等. 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆特性的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):40–46(2025–07–31).
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2025.04.007.

腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆特性的影响

付甜甜,黄慧云,漆文静,冯西博*

(西藏农牧大学植物科学学院,西藏 林芝 860000)

摘要:为探明腐植酸施用量对隆子黑青稞花后籽粒灌浆的影响,以隆子六棱黑青稞为供试材料,设 0、150、300、450、600 kg/hm² 腐植酸处理(分别设为 CK、T1、T2、T3、T4),分析腐植酸施用量对隆子黑青稞籽粒表型、灌浆特征常数及其相关性的差异。结果表明:1)施用腐植酸能够显著提高隆子黑青稞籽粒面积、粒周长、粒长、粒宽、实际千粒质量,表现为 T2>T3>T1>T4>CK,与 CK 处理相比,T1 至 T4 处理理论千粒质量提高 2.01%~8.94%,T2 处理效果最好;2)施用腐植酸能够显著提高隆子黑青稞的灌浆速率(v)、理论千粒质量和最大灌浆速率出现时间(t_{max}),T1 至 T4 处理的最大灌浆速率出现时间(t_{max})在花后 16.85~17.44 d,比 CK 处理分别提前了 3.10%、3.38%、2.47%、1.55%;3)施用腐植酸能够显著提高隆子黑青稞最大灌浆速率(v_{max}),且实际千粒质量与 v_{max} 、 t_3 、 t_0 、 t_c 、 v_2 、 v_3 呈正相关。腐植酸提高了黑青稞籽粒灌浆能力和千粒质量,在生产上推荐 300 kg/hm² 腐植酸(T2)为隆子黑青稞的最佳施肥方案。

关键词:隆子黑青稞;腐植酸;籽粒表型;粒灌浆特性

中图分类号:S512.3

文献标志码:A

文章编号:1673–6486–20250059

青稞(*Hordeum vulgare* L.)是青藏高原地区特有的大麦属作物,因颜色分为白、花、蓝、黑、紫青稞等^[1],其中以黑青稞营养价值较高,具有白青稞所不具备的高 β -葡聚糖、高花青素等抗氧化性营养成分^[2],有降血糖、降血脂、降胆固醇等^[3]功能功效,是隆子县核心栽培特有品种^[4]。经调查发现,隆子县土壤普遍偏盐碱化,黑青稞出苗和生长困难,导致隆子黑青稞产量低^[5],因此探讨适配于隆子黑青稞种植且缓解土壤盐碱化和促进隆子黑青稞生长的方法逐渐受到重视。灌浆期是麦类作物的一个关键时期,也是黑青稞的关键时期,麦类作物扬花后,籽粒充当“库”的角色,开始积累物质,其中灌浆特征参数即灌浆速度和持续时间决定了籽粒的质量^[6]。腐植酸(HA)是一类有机高分子物质,前人研究发现腐植酸具有改良土壤和增产的作用^[7]。赵海燕等研究发现,分别在小麦抽穗期和齐穗期喷施 1 500、3 000 g/hm² 腐植酸,能显著增强籽粒灌浆速率和输送养分的能力,提高小麦的穗质量^[8–9]。有文献表明,在谷子灌浆

初期喷施 3.75 L/hm²(稀释 120 倍)腐植酸可以增加千粒质量^[10],在燕麦孕穗期和开花期叶面喷施 50 g/L(稀释 500 倍)腐植酸可提高籽粒产量和 β -葡聚糖含量^[11],基施 1%~20%腐植酸增效剂可促进肥料 N 从玉米叶片向籽粒的转运^[12]。目前,有关腐植酸的研究主要集中在酸化地^[13]、盐碱地^[14]和重金属污染土壤改良剂^[15]等方面,而腐植酸对黑青稞籽粒灌浆方面的研究鲜见报道,本研究通过设置不同梯度腐植酸施用量(0、150、300、450、600 kg/hm²),分析施用腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆特性、千粒质量及籽粒表型的影响,探究施用腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆特性、千粒质量及籽粒表型之间的差异,并筛选出最佳腐植酸施用量,以期为腐植酸在隆子黑青稞栽培上实现增产的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

于西藏山南隆子县忙措村(91°53′93.06″E、28°07′28.52″N,海拔 3 797.00 m)实施试验,试验时间为 2024 年 4—9 月,试验地的土壤有机质、全氮、有效磷、速效钾质量分数分别为 13.32 g/kg、0.84 g/kg、5.94 mg/kg、118.64 mg/kg,pH 值为 8.58。

1.2 试验材料

以隆子黑青稞为供试品种,由西藏山南隆子县

收稿日期:2025–05–23;修回日期:2025–07–23。

基金项目:国家自然科学基金(32060482);高原作物学创新团队建设
项目(xznmxyrcdwjs–2024–11);西藏特色农牧资源研发
省部共建协同创新中心—青稞方向(编号:XZTSZY202001)。

作者简介:付甜甜(2000—),女,硕士研究生,主要从事高原作物栽培与生理。Email: 3239783400@qq.com。

* 通信作者:冯西博(1973—),男,博士,副教授,主要从事高原作物遗传育种和栽培研究。Email: fxb750217@126.com。

农业农村局提供,生育期 120 ~ 140 d,该品种对试验所在地的盐碱土壤环境有良好的适应性,2014 年获地理标志认证。本试验使用的腐植酸[腐植酸含量(质量分数)≥ 60%,分子量为 227.17 kDa,pH 值为 5]购于萍乡市红土地腐植酸有限公司。

1.3 试验设计

采用随机区组设计,设置空白对照 0(CK)及 150、300、450、600 kg/hm² 腐植酸梯度处理(分别记作 T1、T2、T3、T4),采用播种机播种,行距 30 cm,设置 15 个小区,3 次重复,总面积为 252 m²,所使用肥料混合均匀基施,灌水在 3 ~ 4 叶期、拔节前后、孕穗—抽穗期和灌浆初期进行,田间管理与当地一致。

1.4 取样与测定

开花期选择同天开花、长势相似的籽粒(用吊牌对其进行标记),分别于 7、14、21、28、35 d 进行取样,每次取每处理的穗子 30 穗,置于 105 ℃烘箱中,杀青 30 min,80 ℃恒温烘至恒质量,脱粒机脱粒后采用自动考种分析及千粒质量仪系统测定籽粒增重动态、籽粒表面积、周长、粒长、粒宽。参照东强等的方法^[6],用 Logistic 方程 $Y=K/(1+Ae^{-t})$ 模拟籽粒灌浆过程,式中:Y 为因变量;K 为理论最大千粒质量;t 为自变量;A、B 为参数,且对 Logistic 方程进行一阶、二阶求导,即: $v=dY/dt$ ^[7],可得灌浆速率和一系列次级灌浆参数,如最大灌浆速率出现时间(t_{max})、最大灌浆速率(v_{max})、灌浆高峰期开始时间(t_1)、灌浆高峰期结束时间(t_2)、灌浆终止时间(t_3)、渐增期灌浆速率(v_1)、快增期灌浆速率(v_2)、缓增期

灌浆速率(v_3)、渐增期持续时间(t_a)、快增期持续时间(t_b)、缓增期持续时间(t_c)。

1.5 数据分析

采用 DPS 7.05、SPSS 27.0、Curve Expert 1.3 对数据进行方差分析、相关分析和 Logistic 方程拟合,绘图在 OriginPro 2021 软件中完成。

2 结果与分析

2.1 腐植酸对隆子黑青稞籽粒表型性状的影响

由表 1 可知,施用腐植酸对隆子黑青稞籽粒表型性状的影响存在差异。随着腐植酸施用量的增加,黑青稞的粒面积、粒周长、粒宽、粒长和千粒质量均是先增后减,表现为 T2 > T3 > T1 > T4 > CK。在粒面积中,T1、T2、T3 和 T4 处理较 CK 处理分别增长了 16.77%、39.53%、25.85%、8.65%;在粒周长中,T2 处理粒周长(14.66 mm)最大;各处理的粒宽、粒长数值分别在 2.57 ~ 3.08、4.82 ~ 5.59 mm,T1—T4 处理较 CK 处理分别增长了 6.61% ~ 19.84%、1.66% ~ 15.98%;在千粒质量中,T1—T4 处理较 CK 处理分别提高 2.97%、8.94%、6.13%、2.01%。相关性分析发现,千粒质量与粒面积、粒周长、粒长均呈极显著正相关,与粒宽呈显著正相关(图 1),表明施用腐植酸可以增加隆子黑青稞的籽粒面积、周长、长度、宽度进而增加千粒质量,其中以 T2 处理(300 kg/hm²)对隆子黑青稞籽粒表型的增效最为明显。

表 1 隆子黑青稞花后 35 d 的灌浆籽粒表型性状

处理	粒面积/mm ²	粒周长/mm	粒宽/mm	粒长/mm	千粒质量/g
CK	9.36 ± 0.06 e	12.47 ± 0.09 e	2.57 ± 0.02 d	4.82 ± 0.08 d	37.38 ± 0.05 e
T1	10.93 ± 0.04 c	13.34 ± 0.11 c	2.85 ± 0.03 b	5.10 ± 0.05 c	38.49 ± 0.01 c
T2	13.06 ± 0.07 a	14.66 ± 0.09 a	3.08 ± 0.04 a	5.59 ± 0.09 a	40.72 ± 0.02 a
T3	11.78 ± 0.05 b	13.95 ± 0.03 b	2.88 ± 0.03 b	5.39 ± 0.04 b	39.67 ± 0.02 b
T4	10.17 ± 0.06 d	12.84 ± 0.09 d	2.74 ± 0.02 c	4.90 ± 0.06 d	38.13 ± 0.04 d

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

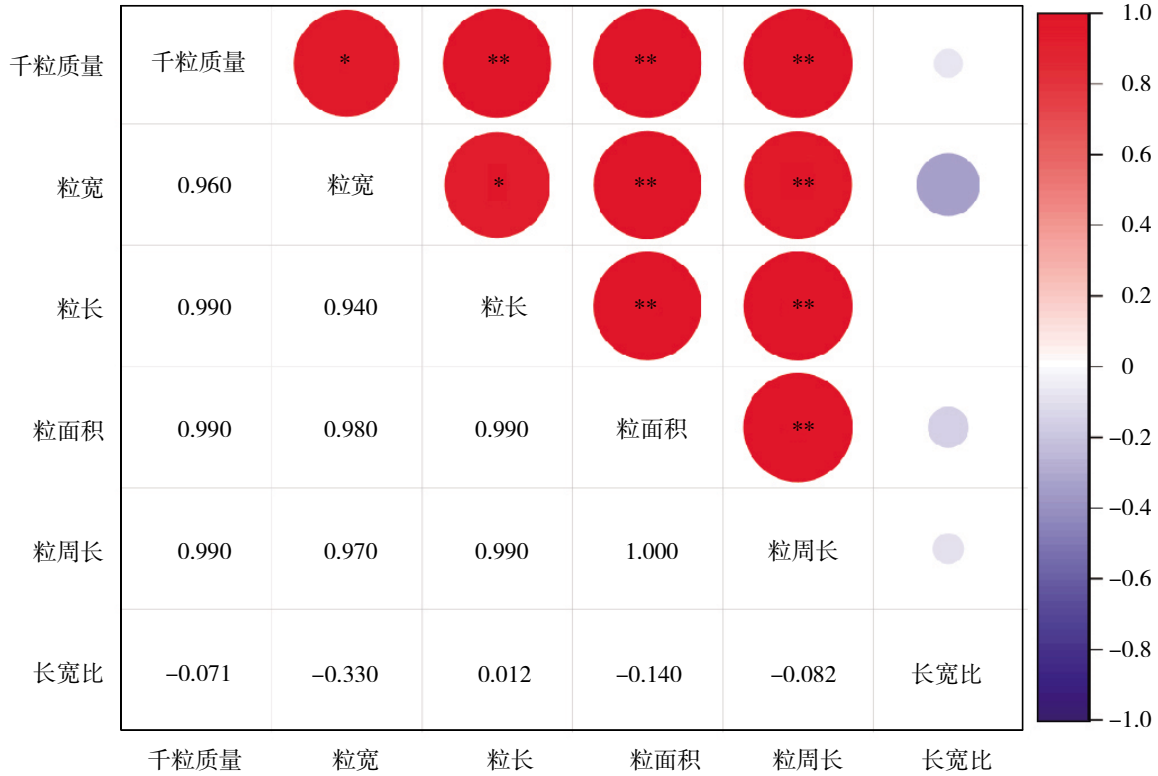
2.2 腐植酸对隆子黑青稞千粒质量和籽粒灌浆速率动态变化的影响

如图 2 所示,千粒质量随着腐植酸施用量的增加表现为 T2 > T3 > T1 > T4 > CK,呈“慢—快—慢”的“S”曲线增长。花后 7 d 期间是千粒质量缓慢增长的时期,各处理差异不明显,花后 14 ~ 21 d 千粒质

量增长迅速,花后 21 d 较 14 d,CK、T1、T2、T3 和 T4 的千粒质量分别增加 13.54、15.05、15.19、14.65、15.03 g,其中 T2 较 CK 提高 12.19%,花后 28 d 之后千粒质量缓慢增加。由图 3 可知,灌浆速率(v)同样随着腐植酸施用量的增加表现为 T2 > T3 > T1 > T4 > CK,在花后呈单峰曲线变化。灌浆速率在花后

初期(7~14 d)呈现显著上升趋势,并于花后 14 d 达到峰值,分别为 1.86、2.02、2.06、1.98、1.97 g/d,其中以 T2 灌浆速率最大,比 CK 提高了 10.75%,在花后 14~35 d 灌浆速率逐渐下降,但是施加腐植酸的处

理均高于 CK。总体上表明施用腐植酸对籽粒发育期的调控具有促进作用,以 T2 处理对隆子黑青稞千粒质量和籽粒灌浆速率动态变化的影响最为明显。



图中 * 表示显著相关($P < 0.05$), ** 表示极显著相关($P < 0.01$)。图 4 同

图 1 隆子黑青稞籽粒表型参数对千粒质量影响的相关性分析

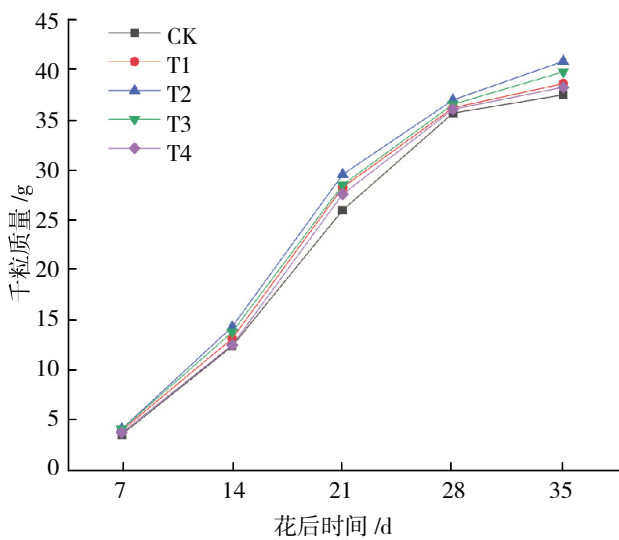
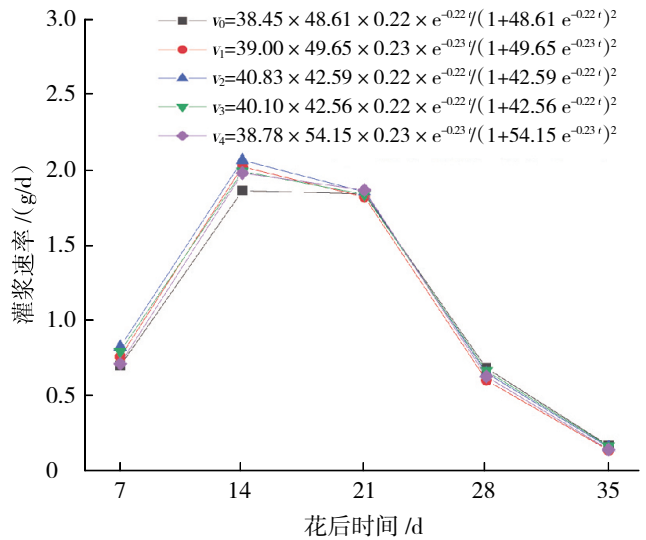


图 2 腐植酸对隆子黑青稞千粒质量动态变化的影响



v_0 、 v_1 、 v_2 、 v_3 和 v_4 分别表示 CK、T1、T2、T3 和 T4 处理的灌浆速率

图 3 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆速率动态变化的影响

2.3 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆参数的影响

用 Logistics 方程拟合籽粒生长进程 (表 2), R^2 为 0.998~0.999, 均达到极显著水平, 有效地反映隆子黑青稞籽粒灌浆规律。参数 K 值越大, 说明生长越好, 施用腐植酸处理的 K 值均高于 CK, 其中 T2 处理最大, 黑青稞的理论千粒质量随腐植酸施用量的增加呈先增后减趋势, 表现为 $T2>T3>T1>T4>CK$, T1、T2、T3 和 T4 较 CK 处理分别增长 1.43%、6.19%、4.29%、0.86%, 分析表明, 施用腐植酸可以增加隆子黑青稞的理论千粒质量, 其中以 T2 处理即施用 300 kg/hm^2 的腐植酸对隆子黑青稞理论千粒质量的增效最为明显, 这对黑青稞的经济价值具有重大意义。

2.4 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆 Logistics 方程次级参数的影响

由表 3 可知, 随着腐植酸施用量的增加, 隆子黑青稞最大灌浆速率 ($v_{\max}$) 表现为 $T2>T1=T4>$

$T3>CK$, 其中以 T2 处理 $v_{\max}$ 最大 (2.27 g/d)。黑青稞最大灌浆速率出现时间 ($t_{\max}$) 主要集中在 $16.85\sim17.44\text{ d}$, T1—T4 处理较 CK 处理分别提前了 3.10%、3.38%、2.47%、1.55%, 其中 T2 处理的最大灌浆速率出现时间最早, 为 16.85 d , 且处理灌浆高峰期开始时间 (t_1) 同样也是最早的。

黑青稞的渐增期 (t_a)、快增期 (t_b) 和缓增期 (t_c) 灌浆持续时间随着腐植酸的施用表现为 $t_c>t_b>t_a$, 但 T4 处理表现为 $t_c>t_a>t_b$ 。各处理 t_a 表现为 $CK>T4>T1>T3>T2$; t_b 和 t_c 表现为 $T3>T2=CK>T1>T4$ 。3 个不同时期的灌浆速率整体上均表现 $v_2>v_1>v_3$, 在 v_1 、 v_2 和 v_3 中, 施用腐植酸的处理均 $\geq CK$, 其中以 T2 处理最高, 分别为 0.79 、 1.99 、 0.56 mg/d 。由以上分析发现腐植酸可以促进隆子黑青稞籽粒灌浆的次级参数, 在本试验条件下, 以 T2 处理效果最为显著。

表 2 腐植酸处理下的隆子黑青稞 Logistics 方程参数

处理	模拟方程	理论千粒质量 K	初值参数 A	生长速率参数 B	决定系数 R^2
CK	$Y=38.45/(1+48.61e^{-0.22t})$	38.45	48.61	0.22	0.999
T1	$Y=39.00/(1+49.65e^{-0.23t})$	39.00	49.65	0.23	0.999
T2	$Y=40.83/(1+42.59e^{-0.22t})$	40.83	42.59	0.22	0.998
T3	$Y=40.10/(1+42.56e^{-0.22t})$	40.10	42.56	0.22	0.999
T4	$Y=38.78/(1+54.15e^{-0.23t})$	38.78	54.15	0.23	0.999

表 3 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆 Logistics 方程次级参数的影响

处理	$v_{\max}/(\text{g/d})$	$t_{\max}/\text{d}$	t_1/d	t_2/d	t_3/d	t_4/d	t_5/d	t_6/d	$v_1/(\text{mg/d})$	$v_2/(\text{mg/d})$	$v_3/(\text{mg/d})$
CK	2.14	17.44	11.52	23.35	38.07	11.52	11.83	14.72	0.71	1.88	0.53
T1	2.25	16.90	11.20	22.61	36.80	11.20	11.40	14.19	0.74	1.97	0.55
T2	2.27	16.85	10.93	22.76	37.49	10.93	11.83	14.72	0.79	1.99	0.56
T3	2.21	17.01	11.04	22.98	37.84	11.04	11.94	14.86	0.77	1.94	0.54
T4	2.25	17.17	11.51	22.84	36.94	11.51	11.33	14.10	0.71	1.98	0.55

2.5 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆参数与籽粒粒质量的相关性分析

由图 4 可知, 腐植酸对籽粒灌浆参数和千粒质量 (Y) 的相关程度的影响为: 渐增期灌浆速率 ($v_1, 0.97$) > 缓增期灌浆速率 ($v_3, 0.67$) > 最大灌浆速率 ($v_{\max}, 0.62$) > 快增期灌浆速率 ($v_2, 0.60$) > 快增期持续时间 = 缓增期持续时间 ($t_b, t_c, 0.43$) > 灌浆终止时间 ($t_5, 0.03$) > 灌浆高峰期开始时间 = 渐增期持续时间 ($t_1, t_a, -0.94$) > 最大灌浆速率出现时间 ($t_{\max}, -0.81$) > 灌浆高峰期结束时间 ($t_2, -0.48$)。黑青稞千

粒质量 (Y) 与 v_1 呈极显著正相关, 与 $v_{\max}$ 、 t_3 、 t_b 、 v_c 、 v_2 、 v_3 呈正相关; $v_{\max}$ 与 v_2 、 v_3 呈极显著正相关, 与 v_1 呈正相关; $t_{\max}$ 与 t_2 呈显著正相关, 与 t_1 、 t_3 、 t_a 、 t_b 、 t_c 呈正相关。渐增期、快增期和缓增期的灌浆速率影响隆子黑青稞籽粒灌浆的最大灌浆速率 ($v_{\max}$), 但 $v_{\max}$ 与 $t_{\max}$ 、 t_a 、 t_b 、 t_c 之间呈负相关, 这说明在籽粒发育过程中, 灌浆速率的提升往往伴随着灌浆开始和持续时间的缩短, 两者难以实现同步增长。在本研究下, T2 处理的 $v_{\max}$ 、 v_1 、 v_2 、 v_3 均高于各处理, 表明施用 300 kg/hm^2 的 HA 最能有效提高隆子黑青稞千粒质量与产量。

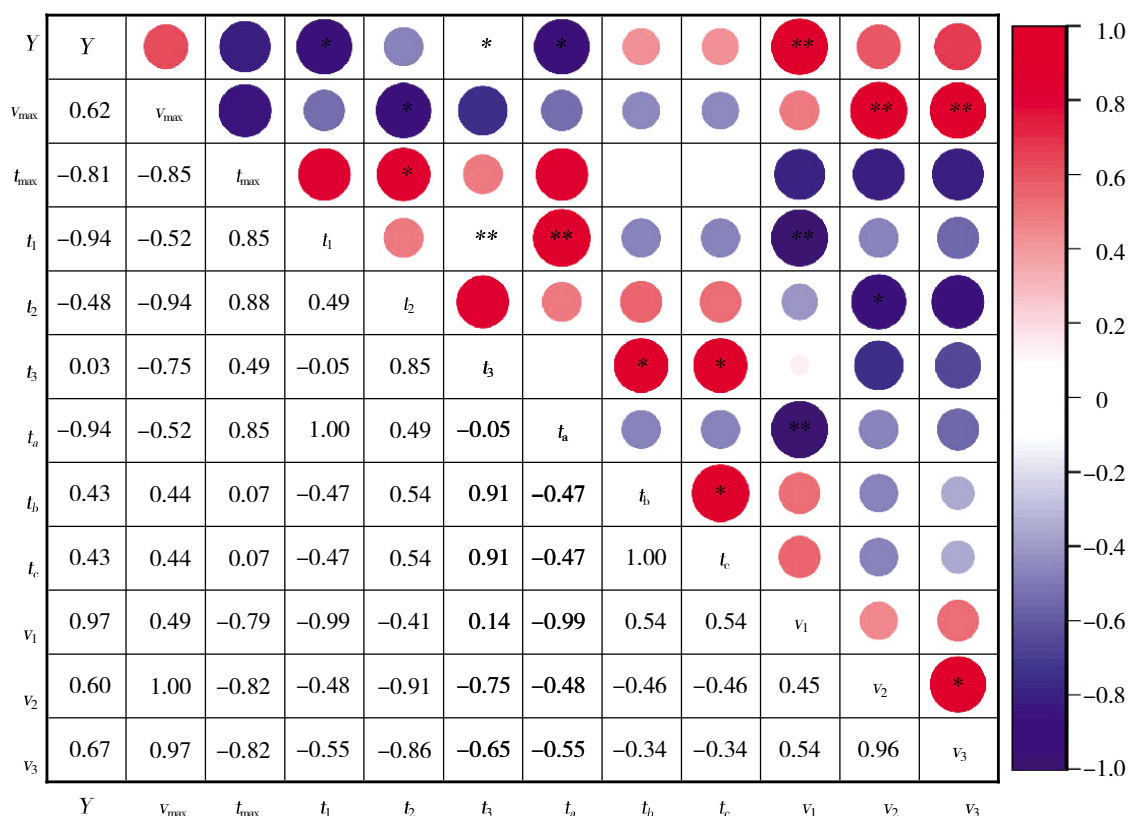


图 4 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆参数与籽粒质量的相关性分析

3 讨论

3.1 腐植酸对隆子黑青稞籽粒表型性和千粒质量的影响

大麦籽粒形状和千粒质量是影响大麦经济产量的重要因素^[18]。经研究表明,在不同盐渍化土壤中施用腐植酸可增加小麦的穗数、穗粒数和千粒质量^[19],张宝冲等研究发现,施用腐植酸可提高小麦、玉米和糜子的单位面积穗数、穗粒数、千粒质量、株高、穗长、茎粗^[20-21]。本研究通过施用不同浓度腐植酸观察隆子黑青稞籽粒表型性状的差异,研究腐植酸能否通过促进籽粒表型性状进而提高千粒质量实现增产,结果发现随着腐植酸施用的增加,隆子黑青稞的粒面积、粒周长、粒宽、粒长度和千粒质量均是先增后减,整体表现为 $T2 > T3 > T1 > T4 > CK$, 5 个处理以 $T2$ 处理的千粒质量 (40.72 g)、粒宽 (3.08 mm)、粒长 (5.59 mm)、粒周长 (14.66 mm) 和粒面积 (13.06 mm²) 效果最好,千粒质量比其他处理分别高 8.94%、5.79%、2.65%、6.79%,且千粒质量与籽粒面积、周长和粒长均呈极显著正相关,与粒宽呈显著正相关,相关系数在 0.960~0.990,这与栾海业等研究结

果^[22-23]一致。洪益等研究发现籽粒宽与籽粒长宽比呈极显著负相关^[24],本研究中籽粒宽与籽粒长宽比呈负相关。分析表明,施用腐植酸可以增加隆子黑青稞的籽粒表型性状进而提高千粒质量可实现增产,其中以 $T2$ 处理即施用 300 kg/hm² 的腐植酸对隆子黑青稞经济价值增效最为明显。

3.2 腐植酸对隆子黑青稞籽粒灌浆特性的影响

千粒质量作为作物产量形成的核心要素,其数值变化受灌浆速率与灌浆持续时间双重调控^[25]。本研究中千粒质量和灌浆速率随着腐植酸施用量的增加均表现为 $T2 > T3 > T1 > T4 > CK$, 花后千粒质量动态呈现“S”曲线增长,灌浆速率 (v) 均呈单峰曲线变化。千粒质量在花后 14~21 d 增长迅速, $T2$ 较 CK 提高 12.19%,且灌浆速率在花后 14 d 达到最大值 (2.06 g/d),这符合麦类作物生长发育的时间规律。黄杰等研究发现,小麦千粒质量与平均灌浆速率、渐增期持续时间、快增期平均速率呈显著正相关^[26]。在本试验条件下,隆子黑青稞实际粒质量 (Y) 与渐增期灌浆速率 (v_1) 呈极显著正相关 ($P < 0.05$),与最大灌浆速率 ($v_{\max}$)、快增期灌浆速率 (v_2)、缓增期灌浆速率 (v_3) 呈正相关,这与朱明霞等的研究结果^[27]—

致,而实际粒质量(Y)与灌浆高峰期开始时间(t_1)、渐增期持续时间(t_2)呈显著负相关,这与杨帅的研究结果^[28]相似;且最大灌浆速率($v_{\max}$)均高于CK,表现为 $T2 > T1 = T4 > T3 > CK$,其中以 $T2$ 处理的 $v_{\max}$ 最大为 2.27 g/d,CK 处理的 $v_{\max}$ 最小为 2.14 g/d。相关性分析发现最大灌浆速率($v_{\max}$)与渐增期、快增期和缓增期的灌浆速率和持续时间呈正相关,与赵香龙等的研究结果^[29]一致。综上所述,施用腐植酸可以有效提高黑青稞千粒质量和最大灌浆速率($v_{\max}$),但随着腐植酸用量的增加,黑青稞千粒质量和最大灌浆速率($v_{\max}$)均会受到一定程度的抑制,所以施用腐植酸最佳浓度为 300 kg/hm²,并且提高最大灌浆速率($v_{\max}$)、渐增期灌浆速率(v_1)、快增期灌浆速率(v_2)、缓增期灌浆速率(v_3)是显著提高隆子黑青稞千粒质量与产量的关键措施。

4 结论

1) 施用腐植酸能够显著提高隆子黑青稞籽粒面积、粒周长、粒长、粒宽、千粒质量和灌浆速率,随着腐植酸施用量的增加均表现为 $T2 > T3 > T1 > T4 > CK$ 。

2) 施用腐植酸之后隆子黑青稞籽粒灌浆的渐增期、快增期和缓增期的灌浆速率是影响最大灌浆速率($v_{\max}$)的关键因素,进而影响千粒质量与产量。

3) 施用腐植酸可以有效提高黑青稞理论和实际千粒质量和最大灌浆速率($v_{\max}$),但过量施肥会导致千粒质量和最大灌浆速率($v_{\max}$)降低,所以本研究认为 300 kg/hm²($T2$ 处理)是最好的腐植酸施用量,建议在常规施肥的基础上增施腐植酸 300 kg/hm²,可显著促进黑青稞籽粒灌浆进程,进而提高黑青稞产量,为黑青稞高产稳产研究提供理论依据。

参考文献:

- [1] 赵希雷,张智勇,解树珍,等. 黑青稞的营养价值与产品开发分析与展望[J]. 粮食加工,2022,47(4):29–32.
- [2] 朱明霞,张玉红. 隆子黑青稞花青素提取及体外抗氧化活性分析[J]. 中国农学通报,2024,40(14):142–147.
- [3] 孙康娜,丁红艳,李 岩,等. 黑青稞 γ -氨基丁酸提取工艺优化及体外降血糖活性[J]. 食品研究与开发,2024,45(4):127–133.
- [4] 普布多吉,罗 珍,扎西拉姆,等. 气候变化背景下西藏隆子县黑青稞气候适宜性分析[J]. 中国农学通报,2024,40(29):

- 96–102.
- [5] 张 毅. 不同黄腐酸施用量对隆子黑青稞生理特性及产量的影响[D]. 拉萨:西藏大学,2020:1–2.
- [6] 张晶晶,石 玉,于振文,等. 不同土壤肥力麦田小麦干物质生产和产量的差异[J]. 麦类作物学报,2021,41(12):1541–1547.
- [7] SIMPSON A J, KINGERY W L, HAYES M H B, et al. Molecular structures and associations of humic substances in the terrestrial environment[J]. Die Naturwissenschaften, 2002, 89(2): 84–88.
- [8] 赵海燕,甘淳丹,兰汝佳,等. 喷施新型腐殖酸型叶面肥对小麦旗叶抗氧化和产量及品质的影响[J]. 南京农业大学学报,2018,41(4):685–690.
- [9] 张卓亚,王晓琳,许晓明,等. 腐植酸对小麦扬花期水分利用效率及灌浆进程的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(4): 725–731.
- [10] 李香宇,张星星,夏杜菲,等. 喷施新型腐植酸对谷子籽粒产量和品质的影响[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(6): 68–76.
- [11] 王 琦. 水分和腐植酸对燕麦碳同化物转运及 β -葡聚糖形成的影响[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2021:41–43.
- [12] 李 军,袁 亮,赵秉强,等. 腐植酸尿素对玉米生长及肥料氮利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(2):524–530.
- [13] 陈士更,张 民,丁方军,等. 腐植酸土壤调理剂对酸化果园土壤理化性状及苹果产量和品质的影响[J]. 土壤,2019, 51(1):83–89.
- [14] 王成刚,李 燕,陈文鹏,等. 脱硫石膏与腐植酸对改良盐碱地的研究[J]. 新疆农业科技,2020(5):25–27.
- [15] 方明智,唐思琪,孙煜臻,等. 腐植酸淋洗对重金属污染土壤微生物群落结构影响研究[J]. 农业环境科学学报,2023, 42(5):1061–1070.
- [16] 东 强,张 毅,朱定英,等. 不同氮肥处理对黑青稞籽粒灌浆特性的影响[J]. 麦类作物学报,2023,43(7):940–946.
- [17] 文廷刚,陈昱利,杜小凤,等. 不同植物生长调节剂对小麦籽粒灌浆特性及粒重的影响[J]. 麦类作物学报,2014, 34(1):84–90.
- [18] 李 刚,李 超,王焱栋,等. 外源 L-谷氨酸对花后干旱胁迫下小麦干物质积累分配、籽粒灌浆特性及品质形成的调控效应[J]. 植物营养与肥料学报,2024,30(5):848–862.
- [19] 杨 柳,李絮花,胡 斌. 腐植酸增效复混肥对不同盐渍化程度土壤小麦产量和氮素利用的影响[J]. 中国土壤与肥料,2021(2):123–132.
- [20] 张宝冲,任志杰,田艳艳,等. 我国小麦和玉米施用腐植酸效果的整合分析[J]. 植物营养与肥料学报,2024,30(12): 2318–2330.
- [21] 董 扬,闫 锋,赵富阳,等. 腐植酸叶面肥对糜子产量及品质的影响[J]. 腐植酸,2024(2):42–46.
- [22] 栾海业,朱琳洁,李 钰,等. 大麦籽粒相关性状全基因组

- 关联分析[J]. 浙江农业学报, 2024, 36(5): 997–1002.
- [23] 周 新, 朱定英, 赵香龙, 等. 缓释尿素配施黄腐酸对隆子黑青稞发育及籽粒灌浆特性的影响[J]. 作物杂志, 2024(4): 232–239.
- [24] 洪 益, 朱 娟, 于国琦, 等. 大麦籽粒大小的遗传多样性与稳定性评价[J]. 麦类作物学报, 2022, 42(1): 68–80.
- [25] 周思远, 杨丽娟, 付 亮, 等. 不同新麦品系籽粒灌浆特性分析[J]. 种子, 2022, 41(7): 75–79, 87.
- [26] 黄 杰, 王 君, 曹燕燕, 等. 不同小麦品种籽粒灌浆、脱水特性及其与产量的关系[J]. 作物杂志, 2025(4): 49–57.
- [27] 朱明霞, 白 婷, 靳玉龙, 等. 施肥水平对青稞籽粒灌浆特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(2): 171–178.
- [28] 杨 帅. 小麦中燕 96–3 籽粒灌浆特性及其相关基因表达分析[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020: 24–26.
- [29] 赵香龙, 陈功喜, 漆文静, 等. 外源茉莉酸甲酯对隆子黑青稞籽粒灌浆特性及产量的影响[J/OL]. 安徽农业科学, 1–5. (2025–03–20)[2025–05–23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1076.S.20250320.0910.002.html>.

Effect of Humic Acid on Grain Filling Characteristics of Longzi Black Highland Barley

FU Tiantian, HUANG Huiyun, QI Wenjing, FENG Xibo

(School of Plant Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Linzhi 860000, China)

Abstract: To investigate the effect of humic acid application rate on post-flowering grain filling of Longzi black highland barley, Longzi hexagonal black highland barley was used as the test material, and humic acid treatments (CK, T1, T2, T3 and T4) were set at 0, 150, 300, 450 and 600 kg/hm² to analyze the differences in humic acid application rate on the phenotype, filling characteristic constants and correlation of Longzi black highland barley grains. The results showed that: (1) Applying humic acid can significantly increase the grain area, grain circumference, grain length, grain width, and actual thousand-grain weight of Longzi black highland barley, with T2>T3>T1>T4>CK. Compared with CK treatment, the theoretical thousand-grain weight of T1-T4 treatment increased by 2.01%~8.94%, and T2 treatment had the best effect. (2) The application of humic acid can significantly improve the grain filling rate (v), theoretical thousand grain weight and maximum grain filling rate occurrence time ($t_{\max}$) of Longzi black highland barley. The maximum grain filling rate occurrence time ($t_{\max}$) of T1 to T4 treatments was from 16.85 to 17.44 days after flowering, which was 3.10%, 3.38%, 2.47% and 1.55% earlier than that of the CK treatment, respectively. (3) The application of humic acid can significantly increase the maximum grain filling rate ($v_{\max}$) of Longzi black highland barley, and the actual thousand-grain weight is positively correlated with $v_{\max}$, t_b , t_c , v_2 and v_3 . Humic acid improves the grain filling ability and thousand-grain weight of black highland barley. It is recommended to use 300 kg/hm² humic acid (T2) as the optimal fertilization scheme for Longzi black highland barley in production.

Key Words: Longzi black highland barley; Humic acid; Grain phenotype; Grain filling characteristics

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— μ g; 纳克—ng。体积: 升—L; 毫升—mL; 微升— μ 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)、 μ L/L (体积分数)、 μ mol/mol (摩尔分数)等。面积: 亩—667 m², 万亩换算为万 hm² 等。

郭明明,张广旭,赵雪君,等. 丙硫菌唑对不同小麦品种赤霉病防效及产量品质的影响[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):47–52 (2025–08–08). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.008>.

丙硫菌唑对不同小麦品种赤霉病防效及产量品质的影响

郭明明¹,张广旭¹,赵雪君²,王康君¹,谭一罗¹,师毅君¹,何茂盛¹,樊继伟^{1*}

(1. 连云港市农业科学院,江苏 连云港 222000;2. 灌云县植物保护站,江苏 连云港 222200)

摘要:为探明丙硫菌唑对不同小麦品种赤霉病防控效果、产量和品质的影响,选用赤霉病高感小麦品种华伟 305、中感小麦品种连麦 186 和中抗小麦品种连麦 12 作为供试品种,采用平移式喷灌设备进行喷灌,建立赤霉病充分发病条件。结果表明:喷施丙硫菌唑能够显著降低小麦赤霉病发生,其中病穗率防效和病情指数防效分别达 38.97%~71.88%和 29.36%~63.60%,随喷施次数增加防治效果进一步得到增强;同时,丙硫菌唑对华伟 305 的赤霉病防效要好于连麦 186 和连麦 12。施药处理能够增加千粒质量,进而提高籽粒产量,还能够改善小麦蛋白质含量、湿面筋含量、容重、沉降值、粉质参数等加工品质,喷施 2 次效果最佳。综合分析赤霉病防效、籽粒产量和品质性状,使用丙硫菌唑对不同小麦品种抗病性具有一定的促进作用,对赤霉病高感品种华伟 305 的提升作用明显大于中感品种连麦 186 和中抗品种连麦 12。

关键词:小麦;丙硫菌唑;赤霉病;防效;产量;品质

中图分类号:S435.121.4+5

文献标志码:A

文章编号:1673–6486–20250066

小麦赤霉病(*Fusarium head blight*, FHB)是由禾谷镰刀菌(*Fusarium graminearum*)引起的真菌病害^[1],不仅会造成小麦籽粒干瘪、粒质量下降和产量降低,还会诱发脱氧雪腐镰刀菌烯醇(DON)等真菌毒素的产生,严重威胁我国粮食和食品安全^[2–3]。近年来,我国小麦赤霉病发生范围不断扩大,发生程度持续加重^[4]。丙硫菌唑具有广谱高效的特性,近年来已成为我国赤霉病防控的主推药剂之一,尤其在江苏省小麦赤霉病防控过程中发挥了重大作用,可有效控制小麦赤霉病的发生^[5]。现有研究多聚焦于药剂施用技术与防病效果的关系^[6–10],而不同小麦品种对药剂响应的差异方面研究较少。本研究通过田间试验系统分析丙硫菌唑对小麦赤霉病防控效果、产量构成因素及加工品质等指标的影响,探明不同赤霉病抗性小麦品种对丙硫菌唑的响应机制,旨在结合抗病品种选育,构建赤霉病综合防控体系,为建立小麦赤霉病精准施药技术和优质小麦高产栽培

模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2022—2023 年在江苏省连云港市农业科学院东辛试验基地(119°18′E、34°33′N)进行,试验地前茬为玉米,0~20 cm 土层的土壤有机质含量(质量分数,下同)12.4 g/kg、全氮含量 1.2 g/kg、碱解氮含量 61.4 mg/kg、速效磷含量 51.6 mg/kg、速效钾含量 266.4 mg/kg,土壤 pH 值为 7.3。

1.2 试验设计

试验采用随机区组设计,以丙硫菌唑喷施处理为主区,设置 T0、T1、T2 共 3 个处理,其中 T0 处理为未喷施丙硫菌唑的对照处理,T1 处理为小麦开花期喷施 1 次丙硫菌唑,T2 处理为小麦开花期和花后 5 d 共喷施 2 次丙硫菌唑;以赤霉病不同感病小麦品种为副区,设置高感品种华伟 305、中感品种连麦 186 和中抗品种连麦 12 共 3 个品种,每个处理 3 次重复。施氮量为 270 kg/hm²,氮肥运筹(纯 N 量)为基肥、拔节肥质量比为 3:7。试验采用小区种植,小区面积 40 m²(8 m×5 m),10 行。从扬花期开始用平移式喷灌设备对各处理进行喷灌,每隔 3 d 喷灌 1 次,喷水量为 120 m³/h,共喷施 5 次,促进各品种赤霉病自然充分发病,其他施肥管理同当地大田生产。

收稿日期:2025–06–05;修回日期:2025–07–31。

基金项目:农业重大技术协同推广计划(2024–ZYXT–08);江苏省重点研发计划(现代农业)(BE2021310–2);江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目(JBCS[2021]052)。

作者简介:郭明明(1988—),男,硕士,副研究员,主要从事小麦优质抗病育种及栽培技术研究。Email: gmm30277@163.com。

* 通信作者:樊继伟(1982—),男,研究员,主要从事小麦高产抗病育种研究。Email: fantrta@163.com。

1.3 测定方法

1.3.1 赤霉病防效指标。赤霉病严重度采用 4 级分级标准:1 级,感病小穗面积占整穗面积 1/4 及以下;2 级,感病小穗面积占整穗面积> 1/4 ~ 1/2;3 级,感病小穗面积占整穗面积> 1/2 ~ 3/4;4 级,感病小穗面积占整穗面积 3/4 以上。赤霉病防效指标依据 NY/T 1464.15—2007《农药田间药效试验准则 第 15 部分:杀菌剂防治小麦赤霉病》^[11]。计算公式如下:

病穗率 = 病穗数 / 调查总穗数 × 100%;

病情指数 = Σ (各级病穗数 × 相对病级数值) / (调查总穗数 × 4) × 100;

病穗防效 = (空白对照区病穗率 - 处理区病穗率) / 空白对照区病穗率 × 100%;

病指防效 = (空白对照区病情指数 - 处理区病情指数) / 空白对照区病情指数 × 100%。

1.3.2 产量结构测定。每个处理选取 3 m² 进行收获,计算产量。室内考种,调查各处理穗数、穗粒数和千粒质量。

1.3.3 籽粒品质测定。成熟期取籽粒,采用 Brabender 磨粉仪磨成面粉,计算出粉率;采用上海东方衡器有限公司生产的 HGT-1000 型容重仪测定籽粒容重;采用 JYDB100X40 硬度仪测定籽粒的硬度;按 AACC56-61 方法^[12]测定 Zeleny 沉降值;用德国 Brabender 公司 Quadrumat Junior 试验磨粉机磨粉,过 100 目筛,用于品质指标测定;采用瑞典波通 GM2200 型面筋测定仪测定籽粒湿面筋含量;面

粉粉质特性指标采用德国 Brabender 公司生产的 Farino Graph-E 型粉质仪测定。

1.4 数据分析

采用 Excel 2016、SPSS18.0 和 DPS 6.55 进行图表绘制和差异显著性统计分析。

2 结果与分析

2.1 丙硫菌唑对小麦赤霉病防效的影响

由表 1 可以看出,丙硫菌唑药剂喷施对 3 种不同赤霉病抗性品种的防病效果均产生一定影响。随着丙硫菌唑喷施次数的增加,3 个小麦品种病穗率显著降低,在 T2 处理下病穗率最低,病穗率防效显著提高,在 T2 处理下达到最高值,其中华伟 305 在 T2 处理下的病穗率防效达到 71.88%;病情指数随着丙硫菌唑喷施次数的增加也呈逐渐降低的趋势,在 T2 处理下降到最小,最低值仅为 0.40;病情指数防效也在 T2 处理下达到最大值。此外,喷施丙硫菌唑处理对小麦病穗率和病情指数的影响在 3 个品种间存在一定差异,各个喷施处理下,病穗率和病情指数均表现为华伟 305 > 连麦 186 > 连麦 12,病穗率防效和病情指数防效以华伟 305 最高,其次是连麦 186,连麦 12 最低。以上结果表明,喷施丙硫菌唑能够显著降低小麦病穗率和病情指数,并且随着喷施次数增加防治效果进一步得到改善;同时,丙硫菌唑对赤霉病高感品种防效要好于中感品种和中抗品种。

表 1 丙硫菌唑对不同小麦品种赤霉病防效的影响

品种	处理	病穗率 /%	病穗率防效 /%	病情指数	病情指数防效 /%
华伟 305	T0	35.57 a	—	1.63 a	—
	T1	17.97 b	49.48 b	1.00 b	38.65 c
	T2	10.00 c	71.88 a	0.59 c	63.60 a
连麦 186	T0	33.63 a	—	1.18 b	—
	T1	17.13 b	49.06 b	0.79 bc	32.96 bc
	T2	10.07 c	70.07 a	0.58 c	50.99 b
连麦 12	T0	16.17 b	—	0.78 bc	—
	T1	9.87 c	38.97 c	0.55 c	29.36 c
	T2	4.97 d	69.28 a	0.40 cd	49.36 b

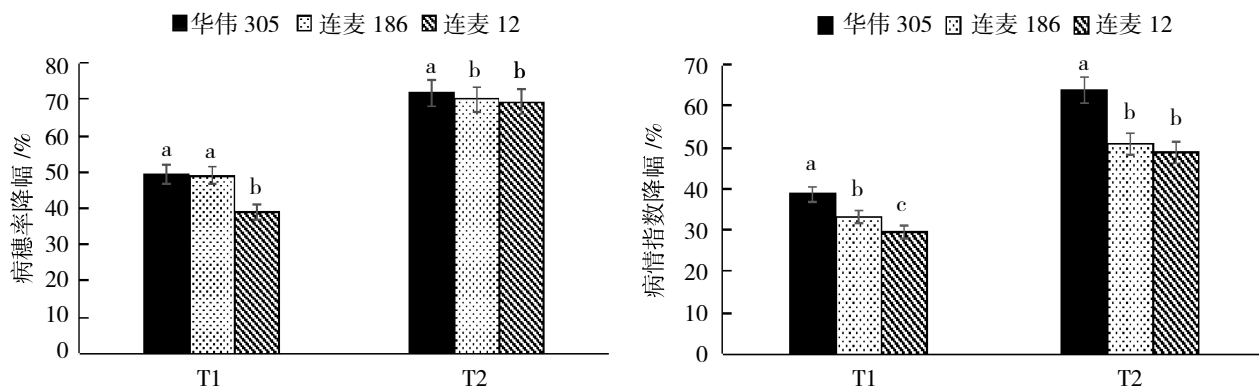
注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异具有统计学意义($P < 0.05$)。表 2 至表 4 同。

由图 1 可知,喷施丙硫菌唑对降低小麦病穗率和病情指数均具有一定作用,随着喷施次数的增加,病穗率和病情指数降幅进一步加大;不同赤霉

病抗性品种对丙硫菌唑防治赤霉病的效果存在一定差异,各处理下,小麦病穗率和病情指数降幅均表现为华伟 305 > 连麦 186 > 连麦 12,其中在 T1 处

理下,连麦 12 的病穗率降幅显著低于华伟 305 和连麦 186,病情指数降幅方面,3 个品种间差异均具统计学意义;T2 处理下,连麦 12 和连麦 186 的病穗

率降幅和病情指数降幅均显著低于华伟 305,华伟 305 在 T2 处理下的病穗率和病情指数降幅分别达到 71.43%和 63.68%。



不同小写字母表示同一处理不同品种间差异具统计学意义 ($P < 0.05$)

图 1 喷施丙硫菌唑后不同小麦品种病穗率和病情指数的降幅

2.2 丙硫菌唑对小麦产量结构的影响

喷施丙硫菌唑后,分析不同赤霉病抗性小麦品种产量结构的变化,由表 2 可以看出,3 个不同抗性品种间的穗数和穗粒数差异具高度统计学意义,千粒质量间的差异具统计学意义;品种和丙硫菌唑互作处理下,小麦千粒质量和籽粒产量差异具高度统计学意义。丙硫菌唑处理后,小麦穗数和穗粒数差异无统计学意义,千粒质量有所提高,且随着丙硫菌唑喷施次数的增加逐渐提高,在 T2 处理下达到最大值,在此处理下,华伟 305、连麦 186 和连麦 12

千粒质量分别达到 45.2、42.5、40.7 g。籽粒产量也随着丙硫菌唑喷施次数的增加而不断提高,在 T2 处理下达到最大值。此外,丙硫菌唑处理对产量结构的影响在 3 个品种间存在一定差异,其中喷施丙硫菌唑对 3 个小麦品种穗数和穗粒数影响较小。千粒质量方面,3 个品种随着丙硫菌唑喷施次数的增加均有所提高,其中华伟 305 和连麦 186 在 T2 处理下与其他 2 个处理差异均具统计学意义,而连麦 12 的千粒质量在 3 个处理间差异无统计学意义,籽粒产量表现趋势与千粒质量基本一致。

表 2 丙硫菌唑对不同小麦品种产量结构的影响

品种	处理	穗数 / (万穗 /667 m ²)	穗粒数 / (粒 / 穗)	千粒质量 / g	籽粒产量 / (kg/667 m ²)
华伟 305	T0	42.4 a	31.8 b	41.6 d	509.60 e
	T1	42.2 a	31.6 b	43.4 b	527.21 d
	T2	42.5 a	32.0 b	45.2 a	559.98 ab
连麦 186	T0	40.4 c	36.0 a	41.2 de	544.39 c
	T1	40.3 c	36.3 a	41.8 d	555.52 abc
	T2	40.4 c	36.5 a	42.5 c	569.33 a
连麦 12	T0	40.8 bc	36.3 a	40.2 f	542.18 c
	T1	40.9 bc	36.4 a	40.6 ef	549.08 bc
	T2	41.1 b	36.4 a	40.7 ef	554.09 bc
变异来源	品种	132.48**	918.23**	8.76*	3.22
	喷施处理	0.19	2.59	3.27	3.99
	品种 × 喷施处理	1.63	1.76	47.88**	17.68**

注: 数据后“*”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 ($P < 0.01$)。

2.3 丙硫菌唑对籽粒加工品质的影响

由表 3 可以看出,喷施丙硫菌唑对小麦加工品质具有一定影响。随着喷施次数的增加,籽粒粗蛋白含量(质量分数,下同)、湿面筋含量、容重、硬度指数和沉降值等加工品质指标均有不同程度的提升,在 T2 处理下,各品质指标均达到最高值,结果表明,T2 处理(喷施 2 次丙硫菌唑)对各小麦品种粗蛋白含量、容重、湿面筋含量、硬度指数及沉降值等加工品质指标的提升幅度大于 T1 处理(喷施 1 次丙硫菌唑),其中在华伟 305 品种中提升效果更为明显。丙硫菌唑对小麦加工品质的作用效果在 3 个品种间存在一定差异,在 T0 处理下,小麦粗蛋白含量、湿面筋含量和硬度指数均表现为连麦 12 > 华伟 305 > 连麦 186;T1 处理下,除硬度指数外,华伟 305

在粗蛋白含量、容重、湿面筋含量等指标均优于其他 2 个品种;T2 处理下,小麦粗蛋白含量、湿面筋含量和沉降值等加工品质指标均以华伟 305 最高,其次为连麦 12,最低是连麦 186。

进一步分析小麦粉质特性可以看出(表 4),喷施丙硫菌唑对小麦面粉的粉质特性也有一定作用。随丙硫菌唑喷施次数不断增加,吸水率、形成时间、稳定时间和粉质质量指数均有所改善,均在 T2 处理下达到最高值,但提升效果在 3 个小麦品种间存在一定差异,其中喷施丙硫菌唑后,华伟 305 的粉质特性较连麦 186 和连麦 12 显著提升。连麦 12 的稳定时间、粉质质量指数在 T0、T1 和 T2 这 3 个处理间差异均无统计学意义。以上结果表明,丙硫菌唑处理对赤霉病高感品种的品质改善效果相对更为明显。

表 3 丙硫菌唑对不同小麦品种加工品质的影响

品种	处理	粗蛋白质量分数 /%	容重 /(g/L)	湿面筋质量分数 /%	硬度指数	沉降值 /mL
华伟 305	T0	12.8 cd	802 e	29.3 de	51.6 g	25.3 d
	T1	13.7 b	812 c	31.5 b	57.3 d	28.3 c
	T2	14.2 a	822 a	32.3 a	61.2 a	31.2 a
连麦 186	T0	12.7 d	800 e	27.7 f	49.2 h	26.3 d
	T1	13.2 bc	811 c	28.9 e	53.9 f	27.6 c
	T2	13.6 b	817 b	29.4 de	59.4 b	29.4 b
连麦 12	T0	13.3 b	804 de	29.9 cd	55.1 e	29.9 b
	T1	13.6 b	806 d	30.3 c	57.9 cd	30.2 ab
	T2	13.7 b	806 d	30.5 c	59.0 bc	30.4 ab

表 4 丙硫菌唑对不同小麦品种粉质特性的影响

品种	处理	吸水率 /%	形成时间 /min	稳定时间 /min	粉质质量指数
华伟 305	T0	57.4 cd	2.9 e	5.5 cd	45 de
	T1	59.3 ab	3.5 cd	7.2 b	61 b
	T2	60.4 a	4.4 a	8.2 a	72 a
连麦 186	T0	56.8 d	3.1 d	4.4 e	43 e
	T1	58.3 bc	3.2 d	5.2 d	50 cd
	T2	59.0 b	3.6 bc	6.0 c	55 c
连麦 12	T0	59.1 b	3.7 bc	6.8 b	68 a
	T1	59.4 ab	3.7 bc	7.1 b	69 a
	T2	59.5 ab	3.9 b	7.3 b	72 a

3 讨论与结论

赤霉病可造成小麦苗枯和茎腐等症状发生,导致减产^[12]。杨志刚等研究表明,丙硫菌唑处理下,小麦平均产量较对照增产 1 956.0 kg/hm²,增产 24.8%,较对照药剂咪鲜胺·戊唑醇悬浮剂处理增产 631.5 kg/hm²,增产 6.8%,增产效果显著^[13]。进一步分析其增产机制,丙硫菌唑对赤霉病的防控效果可能与其广谱内吸活性相关,其通过抑制真菌麦角甾醇生物合成、破坏细胞膜完整性,从而阻断病原菌扩展^[14-15]。本研究中,丙硫菌唑对不同赤霉病感病品种的产量和品质具有显著调控作用。丙硫菌唑处理可显著降低赤霉病发病概率,病穗率防效和病情指数防效分别为 38.97%~71.88%和 29.36%~63.60%;丙硫菌唑主要通过提高千粒质量增加小麦籽粒产量,其中对高感品种华伟 305 的产量提升作用好于中感品种连麦 186 和中抗品种连麦 12。此外,丙硫菌唑显著改善了蛋白质含量、湿面筋含量、容重和面粉粉质特性,尤其对中感和高感品种效果较为显著。本研究主要是通过喷施丙硫菌唑降低赤霉病发病概率,提高籽粒饱满度和千粒质量,进而提高产量。品质方面,主要是喷施丙硫菌唑改善了籽粒氮素吸收效率,进而提高蛋白质含量和其他品质指标。丙硫菌唑对不同赤霉病感病品种的赤霉病防效、产量和品质方面存在一定差异,分析可能是由于品种抗性水平影响药剂在植株体内的吸收传导。高感品种自身缺乏赤霉病抗性基因,更加依赖外源杀菌剂的保护^[16],因此丙硫菌唑的产量和品质提升效应更为显著;而中抗品种存在部分赤霉病抗性基因,能通过减少病菌侵入,从而降低赤霉病造成的损失^[17]。丙硫菌唑的使用能够提高小麦产量和改善品质,但其对不同小麦品种籽粒中毒素积累的作用机制仍需进一步解析。本研究结果可为赤霉病发生较重地区选择适宜的高产优质小麦品种提供理论依据。

综合以上结果,丙硫菌唑对小麦赤霉病防效、籽粒产量和蛋白质含量、湿面筋含量、硬度指数、稳定时间等加工品质指标均有一定的提升作用,且喷施次数达到 2 次后,提升效果最佳。此外,丙硫菌唑对不同赤霉病抗性品种防效、产量和品质的影响存在差异,对赤霉病高感品种华伟 305 的提升作用明

显大于中感品种连麦 186 和中抗品种连麦 12。

参考文献:

- [1] SUN H Y, CUI J H, TIAN B H, et al. Resistance risk assessment for *Fusarium graminearum* to pydiflumetofen, a new succinate dehydrogenase inhibitor[J]. Pest Management Science, 2020, 76(4): 1549–1559.
- [2] 许凌凌. 小麦赤霉病和赤霉菌研究进展[J]. 南方农业, 2022, 16(16): 32–35.
- [3] 张根源. 黄淮麦区小麦抗赤霉病鉴定与分子聚合育种[D]. 郑州: 河南农业大学, 2021: 3–4.
- [4] 程顺和, 张 勇, 别同德, 等. 中国小麦赤霉病的危害及抗性遗传改良[J]. 江苏农业学报, 2012, 28(5): 938–942.
- [5] 杨红福, 吴佳文, 陈 源, 等. 江苏小麦赤霉病防控药剂有效性监测研究分析[J]. 中国农学通报, 2022, 38(15): 139–143.
- [6] 喻 璋, 刘庆元, 陈志申, 等. 不同农药及不同喷药次数防治小麦赤霉病的试验研究[J]. 河南科技, 1986, 5(4): 10–11.
- [7] 刘志超, 胡凤灵, 时 萍. 不同药剂防治小麦赤霉病效果试验[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(14): 98–99.
- [8] 常发杰, 陈雪娇, 何先兵. 5 种不同药剂防治小麦赤霉病田间药效试验[J]. 湖北植保, 2021(4): 26–27.
- [9] 刘 秀, 方利民, 李海东, 等. 4 种药剂对小麦赤霉病的防效试验简报[J]. 上海农业科技, 2021(4): 139, 150.
- [10] 苏静静. 4 种药剂对小麦赤霉病防治效果田间对比分析[J]. 农业科技通讯, 2022(1): 70–72.
- [11] 国家农业农村部种植业管理司. 农药田间药效试验准则 第 15 部分: 杀菌剂防治小麦赤霉病: NY/T 1464.15—2007[S]. 北京: 农业出版社, 2008: 2–3.
- [12] 陈香华, 蒋守华, 熊战之, 等. 江苏徐淮地区小麦赤霉病的发生规律及协同防控技术[J]. 金陵科技学院学报, 2017, 33(4): 58–62.
- [13] 杨志刚, 刘明忠, 尹绍忠, 等. 丙硫菌唑防治小麦赤霉病试验探究[J]. 植物保护, 河南农业, 2023(13): 38–39.
- [14] 谷春艳, 潘 锐, 徐会永, 等. 小麦不同生育期施用丙硫菌唑及施用次数对小麦赤霉病及籽粒 DON 毒素的控制效果[J]. 植物保护, 2023, 49(4): 328–333.
- [15] 陈宏州, 吴佳文, 庄义庆, 等. 不同杀菌剂对小麦赤霉病及籽粒 DON 毒素的控制效果[J]. 植物保护, 2021, 47(6): 307–317.
- [16] 黄贤保, 刘 瑞. 不同接种方式下小麦对赤霉病侵染和扩展的响应研究[J]. 河北农机, 2023(15): 127–129.
- [17] 张亚丽. 不同小麦品种对赤霉病的抗性鉴定及抗性机制实验[J]. 粮油与饲料科技, 2025(1): 74–76.

Effects of Prothioconazole on FHB Control, Yield and Quality in Different Varieties of Wheat

GUO Mingming¹, ZHANG Guangxu¹, ZHAO Xuejun², WANG Kangjun¹, TAN Yiluo¹, SHI Yijun¹,
HE Maosheng¹, FAN Jiwei¹

(1. Lianyungang Academy of Agricultural Sciences, Lianyungang 222000, China; 2. Guanyun County Plant Protection Station, Lianyungang 222200, China)

Abstract: To investigate the effects of prothioconazole on Fusarium head blight (FHB) control, yield and quality of different wheat varieties, the experiment was carried out by selecting three wheat varieties: high-susceptible variety Huawei 305, medium-susceptible variety Lianmai 186, and medium-resistant variety Lianmai 12. The translational sprinkler irrigation equipment was used for sprinkler irrigation to establish the conditions for the full incidence of FHB. The results showed that prothioconazole application could significantly reduce FHB occurrence, achieving control effect of disease incidence and disease index rate of 38.97%~71.88% and 29.36%~63.60%. Control effect was further improved with the increase of spraying times. Meanwhile, the control effect of prothioconazole on FHB of Huawei 305 was better than that of Lianmai 186 and Lianmai 12. The prothioconazole application treatment increased 1 000-grain weight and grain yield, while also improved processing quality parameters including protein content, wet gluten content, volume weight, sedimentation value, and farinograph characteristics. The effect of spraying twice was the optimal. By Comprehensive analysis of FHB control effect, grain yield and quality, there was a certain promoting effect on different disease-resistant wheat varieties by prothioconazole application. Among them, the promotion effect on the highly susceptible variety Huawei 305 was significantly greater than that of the moderately susceptible variety Lianmai 186 and the moderately resistant variety Lianmai 12. It was necessary to adjust the application scheme of FHB prevention and control according to the resistance of varieties, providing theoretical basis for the green production of wheat.

Key Words: Wheat; Prothioconazole; Fusarium head blight; Control effect; Yield; Quality

(上接第 39 页)

主成分分析[J]. 中国农学通报,2019,35(21):7-13.

46.1068.S.20230417.1423.010.html.

[20] 米 勇,孙宪印,王 超,等. 39 个节水小麦品种农艺性状的相关分析及聚类分析[J/OL]. 分子植物育种,2025:1-11 (2025-06-25)[2025-07-24]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/>

[21] 张从宇,王 敏,张子学,等. 小麦品种品质性状的评价及聚类分析[J]. 安徽科技学院学报,2009,23(1):19-22.

Comparison and Comprehensive Evaluation of Yanqi Spring Wheat Varieties in Bazhou

XI Ningju¹, WANG Jun², FENG Jing³, ZHENG Jianghong³, WANG Zi¹, ZHANG Shufang¹,
ZHANG Liyue¹, ZHAO Lining¹, YANG Weijun¹

(1. College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Bazhou Xufeng Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Yanqi 841100, China; 3. Yanqi County Agricultural Technology Extension Center, Yanqi 841100, China)

Abstract: In order to select the spring wheat varieties suitable for cultivation in Yanqi County, this study compared the cultivation of 11 different spring wheat varieties. A random block design was adopted to measure and analyze the agronomic traits, yield and quality traits of different spring wheat varieties. Meanwhile, principal component analysis and difference analysis were used to compare the quality and yield traits of different spring wheat varieties. Finally, cluster analysis was conducted on the yield and quality traits, dividing 11 spring wheat varieties into 4 groups and analyzing and summarizing the main characteristics of each group. The results show that the high-quality varieties are Hechun 115, Xinchun 44, and Hechun 121. The mass fractions of protein and gluten are all relatively high, and the quality performance is excellent. However, the yields are 7 723.5 kg/hm², 7 906.5 kg/hm², and 7 737.0 kg/hm² respectively, which are relatively low. The high-yield variety is Liangchun 1242, which has a relatively high yield but lower quality traits, such as protein and gluten mass fractions of 13.7% and 27.7% respectively. the high-yield and high-quality varieties are Xinchun 40 and Xinchun 37. Based on field performance and overall performance, Xinchun 40, Xinchun 37 and Liangchun 1242 are spring wheat varieties suitable for cultivation in the Yanqi area.

Key Words: Spring wheat; Agronomic trait; Yield; Quality

杨攀,周正富,雷振生,等. 国审优质高产小麦品种郑麦 918 的选育及应用[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):53–57(2025–06–17).
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2025.04.009.

国审优质高产小麦品种郑麦 918 的选育及应用

杨攀,周正富,雷振生*,吴政卿,李文旭,代资举,秦毛毛,徐福新

(河南省作物分子育种研究院,河南 郑州 450002)

摘要:郑麦 918 是由河南省农业科学院丰优育种团队采用系谱法选育而成的优质高产小麦新品种,其亲本组合为郑麦 366/ 泛麦 065050// 郑麦 7698。该品种于 2022 年通过河南省审定(审定编号:豫审麦 20220040),并于 2024 年通过国家黄淮南片审定(审定编号:国审麦 20241043)。在国家黄淮南片区域试验中,郑麦 918 平均产量 602.8 kg/667 m²,比对照增产 6.49%,2 年均达极显著水平;区域试验和生产试验高稳系数平均为 87.24%,较对照品种高 7.05 百分点。在河南省区域试验和国家黄淮南片区域试验中,该品种连续 4 年品质指标均达到中强筋小麦标准,表明郑麦 918 不仅高产稳产性好,而且品质优良。本文介绍了郑麦 918 的选育过程、品种特点以及品质特性,分析了其产量构成因素及高产栽培技术要点,旨在为郑麦 918 大面积推广提供科学依据。

关键词:小麦;郑麦 918;优质;高产;品种选育

中图分类号:S512.1

文献标志码:B

文章编号:1673–6486–20250032

小麦是我国主要粮食作物之一,其产量直接影响着我国粮食安全^[1]。随着社会经济的发展,人们生活水平不断提高,对食品的多样性、营养性提出了更高的要求^[2]。优质高产小麦新品种的选育已经成为育种工作者重要目标之一^[3]。当前黄淮南片及周边地区对小麦的产量与农艺性状要求越来越高,既要考虑高产稳产,又要顾及加工企业对品质的要求,现有几个适合专用品质加工的小麦品种农艺性状及高产稳产性不突出,生产与加工部门迫切需要大量适合专用品质加工的小麦新品种^[4–5]。郑麦 918 是河南省农业科学院丰优育种团队采用系谱法选育而成的优质高产小麦新品种,该品种在保证产量的前提下,较好地保持了小麦品质,实现了优质高产小麦的育种目标。

1 郑麦 918 选育过程

1.1 亲本来源

2010 年春季以高产强筋、矮秆抗倒小麦新品种

郑麦 366 为母本、优质强筋抗病小麦新品系泛麦 065050 为父本组配单交组合(郑麦 366/ 泛麦 065050);2011 年春季以单交组合(郑麦 366/ 泛麦 065050)为母本,以抗病矮秆高产优质强筋小麦新品种郑麦 7698 为父本,组配三交组合(郑麦 366/ 泛麦 065050// 郑麦 7698),组合代号为 11740。

1.2 选育过程

2011—2012 年度将 11740 组合 F₀ 213 粒种子秋播(种植 5 个小区),11740 组合在田间表现一般,主要农艺性状:中抗条锈病,白粉病大多较重,部分单株表现较轻,多中矮秆,抗倒伏,单株成穗数较多,中穗,中熟,熟相比较好,选 5 个单株,平均株高 65.6 cm,百粒质量 5.18 g,白粒,多偏硬质,饱满度较好;其中 11740–3 株高 65.0 cm,百粒质量 5.10 g,硬质,饱满度好。2012—2013 年度将 11740 组合 5 个单株种植,其中:4 个单株各种植 1 个小区,11740–3 单株因籽粒较大且饱满度好,种植 2 个小区。整个组合田间表现分蘖较多,越冬抗寒性较好,苗期长势好,起身中等,多中矮秆,成穗较多,抗病性较好,中熟,熟相好,选 15 个单株,平均株高 71.4 cm,百粒质量 5.00 g,多硬质,籽粒饱满度较好。2013—2014 年度种植 15 株,11740 组合表现突出,多中矮秆,抗倒性较好,多抗条锈病,白粉病中等,中熟,熟相比较好,共选 179 个单株,平均株高 70.0 cm,百粒质量 5.43 g,硬质,饱满度较好,其中 11740–3–1 株系田间表现优异,全部混收单考。2014—2015 年度 11740 组合共

收稿日期:2025–03–20;修回日期:2025–06–07。

基金项目:河南省省级科技研发计划联合基金(优势学科培育类)重点项目(222301420027);河南省重大科技专项(231100110300);河南省国际科技合作项目(242102521058);河南省科技攻关项目(232102110252)。

作者简介:杨攀(1980—),男,副研究员,研究方向为小麦遗传育种与示范推广。Email: 619993187@qq.com。

* 通信作者:雷振生(1962—),男,博士,研究员,研究方向为小麦遗传育种。Email: zhenshenglei@126.com。

选 97 个单株,平均株高 75.8 cm,百粒质量 5.25 g,硬质,饱满度较好。2015—2016 年度 11740 组合选 93 株,平均株高 68.2 cm,百粒质量 5.69 g。2016—2017 年度 11740 组合各株系农艺性状大部分已稳定,田间以选优良株系为主,共混收 8 个株系;11740-3-1-16-3-2 株系田间表现较好,半冬性,分蘖较多,冬季抗寒性较好,春季起身稳健,抗条锈病,白粉病较轻,中矮秆,弹性较好,成穗较多,中穗较匀,中熟,熟相好;混收考种,株高 70.0 cm,千粒质量 52.3 g,硬质,饱满度较好;小样本测定沉降值 20.0 mL(与对照品种郑麦 366 相同)。2017—2018 年度郑麦 918 参加本团队的强筋新品系(沉降值高的

品系)产量鉴定试验,2018—2019 年度参加本团队的多点产量比较试验。2019—2020 年度郑麦 918 参加河南省强筋组区域试验,2020—2021 年度继续参加河南省强筋组区域试验,并同时参加河南省强筋组生产试验。2022 年郑麦 918 通过河南省审定,审定编号:豫审麦 20220040。2021—2022 年度郑麦 918 参加黄淮冬麦区南片水地组区域试验,2022—2023 年度继续参加黄淮冬麦区南片水地组区域试验,并同时参加黄淮冬麦区南片水地组生产试验。2024 年该品种通过国家审定,审定编号:国审麦 20241043。具体选育过程如图 1 所示。

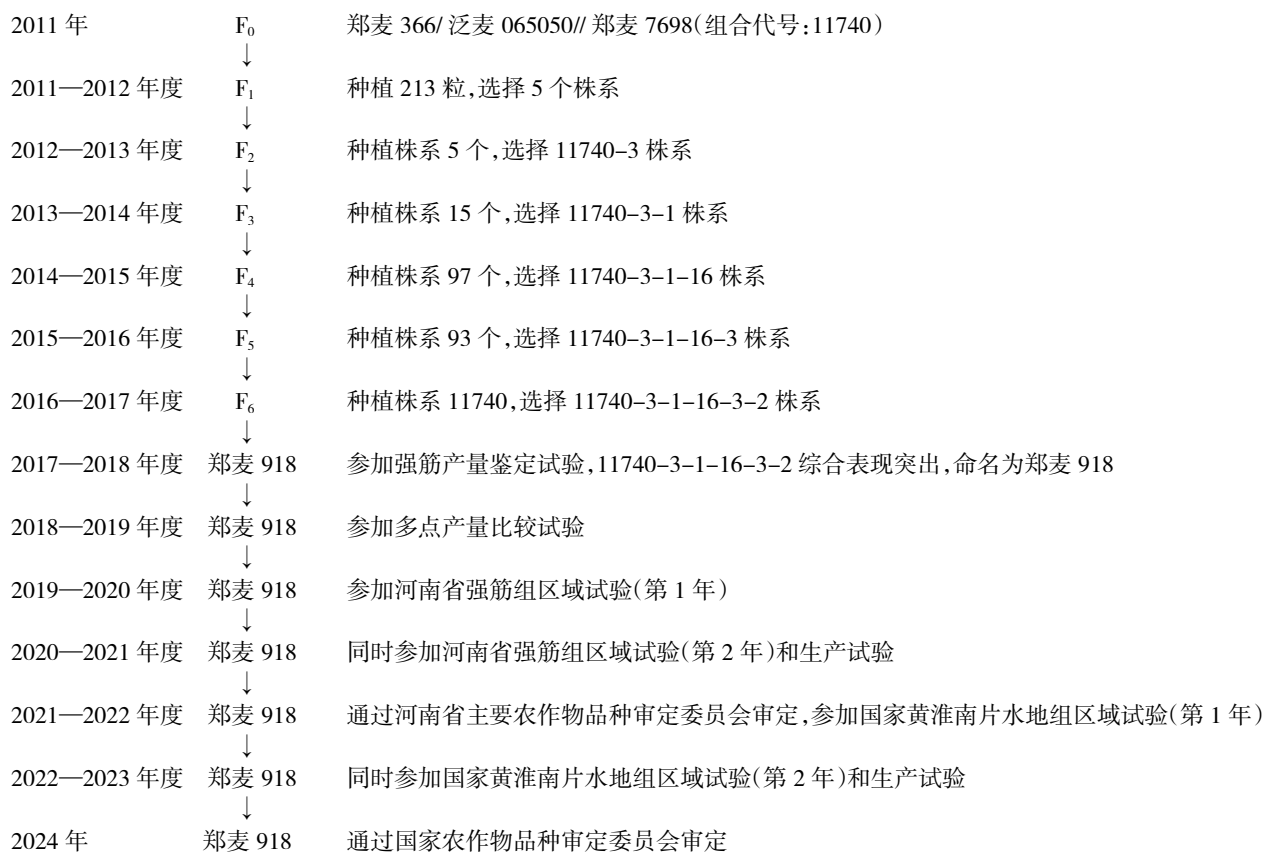


图 1 郑麦 918 选育过程

2 郑麦 918 特征特性及适宜种植区域

郑麦 918 为半冬性品种,全生育期 224.4 d,与对照品种周麦 18 熟期相当,幼苗半匍匐,叶片宽短,叶色深绿,分蘖力强;株高 77.1 cm,株型紧凑,抗倒性较好,整齐度好,穗层整齐,熟相好;穗长方形,长芒,白粒,籽粒硬质、饱满。郑麦 918 适宜在黄淮冬麦区南片的河南省除信阳市(淮河以南稻茬麦区)和南阳市南部部分地区以外的平原灌区,陕西

省西安、渭南、咸阳、铜川和宝鸡市灌区,江苏省淮河、苏北灌溉总渠以北地区,安徽省沿淮及淮河以北地区高中水肥地块早中茬种植。

3 郑麦 918 产量潜力大

3.1 郑麦 918 高产稳产性好

从国家黄淮南片试验结果(表 1)可以看出,2021—2022 年度参加区域试验,郑麦 918 平均产量

648.0 kg/667 m², 比对照周麦 18 增产 6.77%, 增产极显著, 23 个试验点中 21 点增产, 增产点率 91.3%。2022—2023 年度参加区域试验, 郑麦 918 平均产量 557.5 kg/667 m², 比对照周麦 36 号增产 6.21%, 增产极显著, 20 个试验点中 17 点增产, 增产点率 85.0%。2 年区域试验郑麦 918 平均产量 602.8 kg/667 m², 比对照增产 6.49%, 2 年较对照增产极显著, 且增产点率均在 85% 以上。2022—2023 年度参加生产试验, 郑麦 918 平均产量 585.4 kg/667 m², 比对照周麦 36 号增产 6.61%, 22 个试验点全部增产, 增产点率 100.0%, 说明郑麦 918 的适应性较好。2021—2023 年郑麦 918 高稳系数平均为 87.24%, 较对照品种高 7.05 百分点, 说明郑麦 918 不仅产量高, 而且稳产性好。

3.2 郑麦 918 产量与构成因素关系协调

变异系数是衡量不同变量观测值之间的变异程度^[6]。通过分析 3 个年度共计 65 点次的郑麦 918

区域试验和生产试验产量结果及构成因素可以看出(表 2), 郑麦 918 平均产量为 597.43 kg/667 m², 变异系数 11.99%; 平均有效穗数 40.26 万穗 /667 m², 变异系数 8.27%; 平均穗粒数 37.52 粒 / 穗, 变异系数 8.21%; 平均千粒质量 44.38 g, 变异系数 9.62%。郑麦 918 的变异系数呈产量 > 千粒质量 > 有效穗数 > 穗粒数, 其中有效穗数和穗粒数变异系数差异不明显。由此可以看出, 郑麦 918 的产量水平和千粒质量受种植环境和种植方式影响较大, 可以通过改善栽培技术提高产量潜力, 有效穗数和穗粒数受外界环境影响较小, 相对稳定。

对产量与构成因素进行相关性分析(表 3), 可以看出郑麦 918 产量与千粒质量的相关性为 0.586, 且达到了极显著相关, 产量与有效穗数和穗粒数相关性不显著, 这也表明郑麦 918 的产量受千粒质量影响最大。

表 1 郑麦 918 国家试验产量结果分析

年度	试验名称	品种名称	产量 / (kg/667 m ²)	比 CK 增 / %	试验点数 / 个	增产点次 / 个	增产点率 / %	高稳系数 / %
2021—2022	黄淮南片 区域试验	郑麦 918	648.0	6.77	23	21	91.3	85.78
		周麦 18(CK)	606.9		—	—	—	79.63
2022—2023	黄淮南片 区域试验	郑麦 918	557.5	6.21	20	17	85.0	92.91
		周麦 36 号(CK)	524.9		—	—	—	83.21
2022—2023	黄淮南片 生产试验	郑麦 918	585.4	6.61	22	22	100.0	83.02
		周麦 36 号(CK)	549.1		—	—	—	81.63

表 2 郑麦 918 产量及构成因素分析

项目	产量 / (kg/667 m ²)	有效穗数 / (万穗 /667 m ²)	穗粒数 / (粒 / 穗)	千粒质量 / g
最小值	449.40	33.80	28.60	35.30
最大值	861.20	48.30	47.50	54.60
平均值	597.43	40.26	37.52	44.38
标准差	71.64	3.33	3.08	4.27
变异系数 / %	11.99	8.27	8.21	9.62

表 3 郑麦 918 产量与其构成因素相关性分析

项目	产量	有效穗数	穗粒数	千粒质量
产量	1			
有效穗数	0.130	1		
穗粒数	-0.080	-0.028	1	
千粒质量	0.586**	-0.246*	-0.229	1

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

4 郑麦 918 品质特性

郑麦 918 参加河南省和国家区域试验,由表 4 可以看出,郑麦 918 连续 4 年品质达到了中强筋小麦标准^[7]。此外,郑麦 918 的容重 4 年都大于

790 g/L,达到了国家 1 级小麦标准,蛋白质质量分数、吸水率、稳定时间、最大拉伸阻力和拉伸面积达到了强筋小麦标准,湿面筋质量分数达到中强筋小麦标准。

表 4 郑麦 918 区域试验品质指标

年份	试验组别	容重 / (g/L)	蛋白质 质量分数 /%	湿面筋 质量分数 /%	吸水率 / (mL/kg)	稳定时间 / min	最大拉伸阻力 / E.U.	拉伸面积 / cm ²	类型
2020	河南省区域试验第 1 年	838	14.7	30.4	649	22.5	542	108	中强筋
2021	河南省区域试验第 2 年	812	15.2	28.6	659	14.3	515	109	中强筋
2022	国家区域试验第 1 年	838	14.4	29.5	640	12.8	605	121	中强筋
2023	国家区域试验第 2 年	815	14.3	30.2	620	12.4	586	153	中强筋
强筋小麦品质标准		≥790	≥14	≥30	≥600	≥8	≥350	≥90	
中强筋小麦品质标准		≥790	≥13	≥28	≥580	≥6	≥300	≥65	

5 郑麦 918 高产栽培技术要点

由前文分析可见,千粒质量对郑麦 918 产量影响最大,在品质方面,湿面筋含量较其他指标表现不突出。因此,通过栽培技术提高千粒质量和湿面筋含量是保证郑麦 918 优质高产的主要目标。在生产上要优化栽培管理方式,具体做法如下。

5.1 合理密植

郑麦 918 最适播种期为 10 月 15—25 日,播量为 150~225 kg/hm²,若晚播应适当增加播量。整地时最好深翻,耙平、耙实后播种,若是旋耕耙耕过的地块,一定要镇压后播种,踏实耕层,防止漏风跑墒。

5.2 合理施肥

1)施足底肥,配合施用磷钾肥,磷肥促进根系发育和籽粒形成,钾肥增强抗逆性和籽粒饱满度。一般施农家肥 45~75 m³/hm²,N、P₂O₅、K₂O 科学搭配,质量比以 1:1:0.8 为宜;尿素 225 kg/hm²,磷酸二铵 300 kg/hm²,氯化钾 150 kg/hm²。2)春季追肥,在返青起身期,结合浇水追施尿素 150~225 kg/hm²,促进分蘖,提高单位面积成穗数。3)叶面喷肥,扬花期后 5~7 d,采用 0.01%芸苔素内酯水剂 12~15 mL/667 m²+99%磷酸二氢钾 80 g/667 m²+40%唑醚戊唑醇悬浮剂 20~30 mL/667 m²,对水 15~20 kg/667 m² 叶面喷施,促进籽粒蛋白质积累和籽粒发育,提高千粒质量和品质。

5.3 科学水分管理

注意关键期浇水和收获前控水。1)分蘖至越冬

期在土壤墒情较好的情况下,可不浇越冬水;若旋耕地块一定要浇 1 次越冬水,踏实耕层,培育壮苗。2)春季返青至拔节期可结合追肥进行浇水。3)抽穗至灌浆期根据土壤墒情适时浇水,确保灌浆期水分充足。4)收获前 10~15 d 停止灌溉,否则增加倒伏风险,而且会降低品质。

5.4 注意病虫害防治

1)播种前,可用 27%的苯醚·咯·噻虫悬浮种衣剂进行种子包衣,预防地下害虫和土传病害。2)返青至拔节期喷洒粉锈宁或多菌灵,预防纹枯病和茎基腐病,兼防条锈病和白粉病。3)抽穗至扬花期喷洒氰烯菌酯或多菌灵防治赤霉病、叶锈病。4)整个生育期应注意防治蚜虫,特别是穗蚜要及时彻底防治,减轻对籽粒发育的影响。

6 结语

郑麦 918 在选育过程中,充分利用亲本郑麦 366、泛麦 065050 和郑麦 7698 的优良性状,如高产稳产、抗病性和优质强筋等特性,通过杂交组合和后代筛选,逐步实现了优质高产的育种目标。2 年区域试验,郑麦 918 平均产量比对照增产 6.49%,2 年均达极显著水平,而且稳产性好。在品质方面,郑麦 918 连续 4 年区域试验均达到中强筋小麦标准。容重、蛋白质含量、稳定时间和吸水量等指标均符合强筋小麦品质要求,能够满足加工企业对优质小麦的需求,具有广阔的市场应用前景。

郑麦 918 具有较好的抗寒性、抗倒性和抗病性,在黄淮南片及周边地区表现出良好的生态适应性。然而,环境因素(如气候、土壤肥力、病虫害)对其产量和品质仍有一定影响^[8-9]。因此,在推广过程中,需结合当地生态条件,优化栽培管理措施,以充分发挥其产量和品质潜力。研究表明,千粒质量对郑麦 918 的产量影响最大,而湿面筋含量是其品质提升的关键。因此,合理密植和群体调控是提高产量和品质的重要措施。在栽培管理中,应注重深翻整地、合理施肥(特别是氮肥的适量增施)、科学水分管理(确保拔节至孕穗期和灌浆期水分充足)以及病虫害防治。此外,通过对栽培技术的进一步研究和优化,郑麦 918 有望在更广泛的区域种植应用,为我国粮食安全和农业经济发展作出更大贡献。

参考文献:

[1] 杨 帆,周正富,张 扬,等. 河南省小麦产业发展现状及对

策[J]. 现代农业科技,2022(18):197-200.

[2] 雷淑芳,史柱朝. 谈《小麦粉》新标准的变化及其对加工企业的影响[J]. 粮食加工,2022,47(4):18-20.

[3] 秦毛毛,刘艳喜,王雯雯,等. 优质小麦品种郑麦 119 品质及其稳定性分析[J]. 河南农业科学,2023,52(2):21-30.

[4] 冉午玲,张文玲,常 萍,等. 优质强筋高产小麦中麦 578 在河南省的高效栽培技术[J]. 中国种业,2024(3):149-151.

[5] 杨海峰,朱 坤,屈 涛,等. 优质强筋小麦新品种新麦 45 特性及产量构成因素分析[J]. 农业科技通讯,2022(4):80-82,109.

[6] 潘晓东,韩爱民,徐建伟,等. 小麦产量与主要农艺性状的相关性分析[J]. 现代化农业,2024(12):2-6.

[7] 国家农作物品种审定委员会. 主要农作物品种审定标准(国家级)[J]. 种业导刊,2017(11):5-11.

[8] 訾金爽,李四方,汪芳芳,等. 安徽麦区软质小麦主要品质性状的基因型-环境互作分析[J]. 江苏农业学报,2024,40(7):1161-1169.

[9] 金欣欣,姚艳荣,贾秀领,等. 基因型和环境对小麦产量、品质和氮素效率的影响[J]. 作物学报,2019,45(4):635-644.

Breeding and Application of Nationally Approved Wheat Variety Zhengmai 918 with High Quality and High Yield

YANG Pan, ZHOU Zhengfu, LEI Zhensheng, WU Zhengqing, LI Wenxu, DAI Ziju, QIN Maomao, XU Fuxin
(Henan Academy of Crops Molecular Breeding, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Zhengmai 918 is a new high-quality and high-yield wheat variety bred by the Fengyou Breeding Team of Henan Academy of Agricultural Sciences using the pedigree method. Its parental combination is Zhengmai 366/Fanmai 065050//Zhengmai 7698. This variety was approved by Henan Province in 2022 (Yushenmai 20220040) and by the national Huanghuai southern region in 2024 (Guoshenmai 20241043). In the national Huanghuai southern regional trial, the average yield of Zhengmai 918 reached 602.8 kg/667 m², which was 6.49% higher than that of the control, and the yield was extremely significant for two consecutive years. The average high-stability coefficient of regional trial and production trial was 87.24%, which was 7.05% higher than that of the control. In the Henan provincial regional trial and the national Huanghuai southern region regional trial, the quality index of this variety has met the standard of strong gluten wheat for four consecutive years, showing that Zhengmai 918 has not only good high-yield and stable-yield performance, but also good quality. This study introduces the breeding process, variety characteristics and quality characteristics of Zhengmai 918, analyzes its yield components and high-yield cultivation technology points, and aims to provide a scientific basis for its large-scale promotion.

Key Words: Wheat; Zhengmai 918; High quality; High yield; Variety breeding

裴海祎,周良玉,孙亚红,等. 国审小麦新品种金丰麦 3 号的选育及其高产栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):58–62,70 (2025–07–28). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.010>.

国审小麦新品种金丰麦 3 号的选育及其高产栽培技术

裴海祎¹,周良玉¹,孙亚红¹,杨 凯¹,顾 睿¹,徐 肖²

(1. 江苏金色农业股份有限公司,江苏 盐城 224100;2. 江苏沿海地区农业科学研究所,江苏 盐城 224002)

摘要:金丰麦 3 号是江苏金色农业股份有限公司最新选出的丰产、稳产、品质较好、生育期短且抗性好的小麦国审新品种(审定编号: 20230010)。金丰麦 3 号分蘖性较强,抗倒性好,熟相好,中抗赤霉病,连续 2 年长江中下游冬麦组区域试验平均产量 438.3 kg/667 m²,比对照扬麦 20 增产 8.38%,增产极显著。本文对金丰麦 3 号的选育过程、农艺性状、产量表现、品质与抗性以及栽培技术要点的系统介绍,可为长江中下游冬麦组地区的小麦新品种选育和高产栽培技术提供参考。

关键词:金丰麦 3 号;杂交选育;特征特性;产量表现;栽培技术

中图分类号:S512.1

文献标志码:B

文章编号:1673–6486–20250041

小麦(*Triticum aestivum* L, $2n=6x=42$)是世界上重要的粮食作物,也是江苏省种植面积第一大作物^[1–2]。确保国家粮食安全重点是落实“藏粮于地、藏粮于技”战略,小麦生产要坚持稳面积、增单产两手发力^[3],为大国粮仓保驾护航。江苏省在内的长江中下游麦区种植面积约占全国小麦种植面积的 14%,总产量约占全国总产量的 13%,是我国小麦四大主产区之一^[4]。随着经济发展,人们对小麦品种和品质需求越来越多样化,我国依旧每年进口大量的优质小麦,所以培育高产优质多抗的小麦新品种仍是我国小麦产业乃至我国农业的重要目标,并且培育的优质新品种需要配套高效的栽培技术才能发挥品种的最大潜力^[5]。

本文从国审小麦新品种金丰麦 3 号(试验名称东麦 1501)的亲缘关系、选育过程、特征特性、产量以及配套的高产栽培技术等方面进行系统阐述,为金丰麦 3 号在长江中下游冬麦区的种植提供参考。

1 金丰麦 3 号品种来源及选育经过

金丰麦 3 号是由江苏金色农业股份有限公司和南京东宁农作物研究所于 2006 年 4 月中旬以扬麦 11 作母本、宁麦 9 号作父本杂交配组后经系统选育的高产、优质、早熟、多抗的小麦新品种。其中

母本扬麦 11 具有高产、优质、抗白粉病(含 *Pm4a* 基因)且生育期短等优点,父本宁麦 9 号具有高产、稳产、适应性广及抗赤霉病和小麦梭条花叶病毒病等优点。金丰麦 3 号选育过程:2006 年扬麦 11 与宁麦 9 号配组,2007 年种植 F_1 混收,2008 年种植 F_2 ,分离世代选择优良单穗混收,2009 年种植 F_3 ,分离世代选择优良单穗混收,2010 年 F_4 开始选择优良单株,2011 年 F_5 选择优良单株,2012 年 F_6 将选择的优良单株种成株系,于 2013 年 6 月获得了 5 个综合表现优良且遗传基本稳定的优良株系,2014 年将 5 个株系升入鉴定圃中,在鉴定圃中选出了 1 个早熟、高产、品质较好、综合抗性好以及株高较矮的品系,取名东麦 1501;2015—2016 年在盐城、南京、南通等地对东麦 1501 进行多点田间鉴定,表现突出;2017—2019 年东麦 1501 连续 2 年参加国家长江中下游冬麦组多点品比试验,2019—2021 年东麦 1501 连续 2 年参加长江中下游冬麦组区域试验,2021—2022 年东麦 1501 参加长江中下游冬麦组生产试验,多年参试综合表现优异;东麦 1501 于 2023 年通过国家审定并且定名为金丰麦 3 号(审定编号:国审麦 20230010),选育过程详见图 1。

2 金丰麦 3 号特征特性

2.1 农艺性状

金丰麦 3 号为春性小麦,幼苗直立–半匍匐,叶片宽长、分蘖力较强、株型松散,穗型纺锤形、长芒、白壳、红粒、籽粒软(粉)质、穗层整齐度好,抗倒

收稿日期:2025–04–15;修回日期:2025–07–09。

作者简介:裴海祎(1997–),女,硕士,初级农艺师,主要从事小麦和水稻的遗传育种及栽培研究。Email: 771424327@qq.com。

性好、熟相好,熟期与对照扬麦 20 生育期相当。具体表现为:2019—2020 年度长江中下游冬麦组区域试验金丰麦 3 号有效穗数为 30.7 万穗/667 m²,穗粒数 40.8 粒/穗,千粒质量 42.6 g,生育期 199.1 d,比对照扬麦 20 早熟 0.3 d,株高 89.8 cm,倒伏达标点次率 94.7%;2020—2021 年度长江中下游冬麦组区域试验金丰麦 3 号有效穗数 30.6 万穗/667 m²,

穗粒数 41.7 粒/穗,千粒质量 41.6 g,生育期 202.6 d,比对照扬麦 20 晚熟 0.9 d,株高 88.8 cm,倒伏达标点次率 83.5%。2 年平均:金丰麦 3 号有效穗数 30.6 万穗/667 m²,穗粒数 41.2 粒/穗,千粒质量 42.1 g,生育期 200.8 d,比对照扬麦 20 晚熟 0.3 d;株高 89.3 cm,倒伏达标点次率 89.1%,田间农艺性状综合表现良好(表 1)。

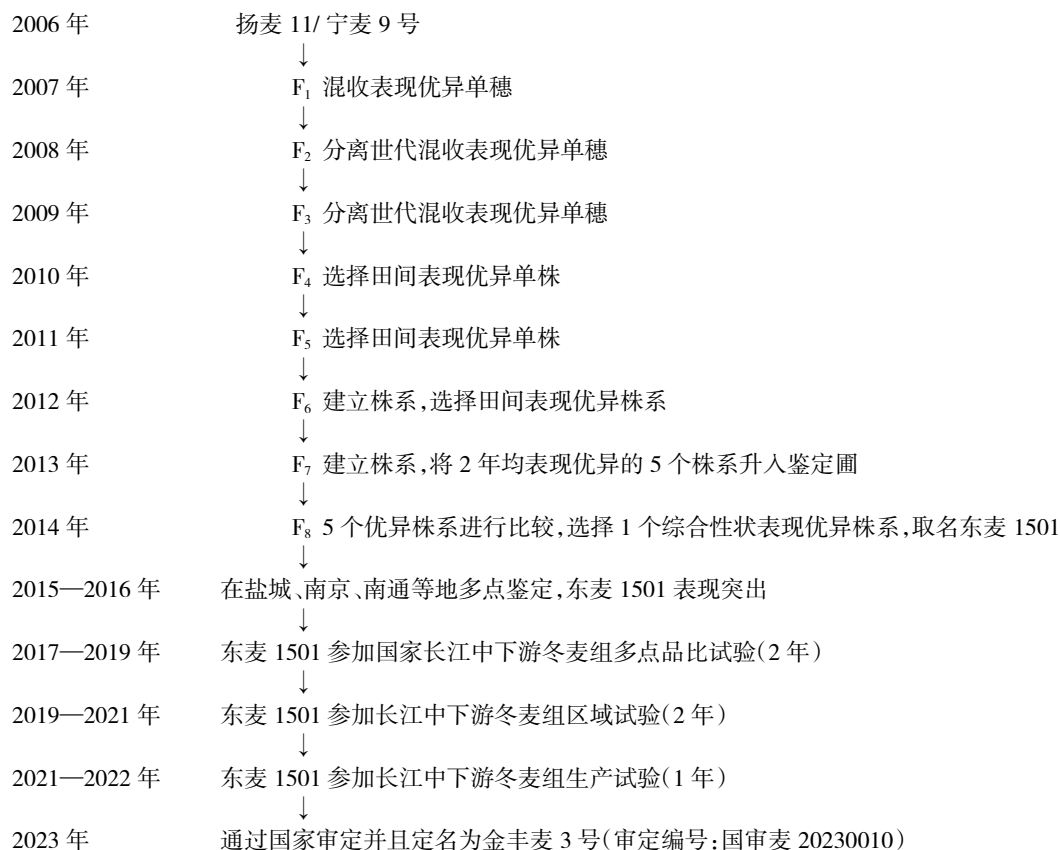


图 1 金丰麦 3 号选育过程

表 1 金丰麦 3 号农艺性状

试验组别	生育期 / d	有效穗数 / (万穗 /667 m ²)	穗粒数 / (粒 / 穗)	千粒质量 / g	株高 / cm	倒伏达标点次率 / %
2019—2020 区域试验	199.1	30.7	40.8	42.6	89.8	94.7
2020—2021 区域试验	202.6	30.6	41.7	41.6	88.8	83.5
平均	200.8	30.6	41.2	42.1	89.3	89.1

注:倒伏达标点次率是指品种区域试验中达到抗倒伏标准的试点比例,用于评估品种的抗倒伏能力。

2.2 产量表现

在 2 年长江中下游冬麦组区域试验和 1 年长江中下游冬麦组生产试验中,金丰麦 3 号产量表现优异(表 2):金丰麦 3 号 2 年区域试验和 1 年生产试验共 3 年平均产量为 457.1 kg/667 m²,比对照扬麦 20 增

产 7.68%,增产点比例高达 94.9%。2019—2020 年度参加长江中下游冬麦组区域试验,金丰麦 3 号各试验点(汇总点数 19 个)平均产量为 443.8 kg/667 m²,比对照扬麦 20 增产 8.80%,差异具高度统计学意义,居 A 组第 1 位,比对照扬麦 20 增产 ≥ 2% 点率为

94.7%;2020—2021 年度续试,金丰麦 3 号各试验点(汇总点数 18 个)平均产量 432.8 kg/667 m²,比对照扬麦 20 增产 7.96%,差异具高度统计学意义,居 A 组第 2 位,比对照扬麦 20 增产≥2%点率为 100.0%,2 年增产差异均具高度统计学意义。2021—2022 年度生产试验,金丰麦 3 号各试验点平均产量 494.6 kg/667 m²,比对照扬麦 20 增产 6.29%。

2.3 抗性和品质

中国农业科学院植物保护研究所鉴定结果表明(表 3),金丰麦 3 号高感纹枯病、白粉病、条锈病、叶锈病,中抗赤霉病。其中,2019—2020 年鉴定结果:金丰麦 3 号中抗赤霉病,高感纹枯病、叶锈病,慢条锈病,中感白粉病;2020—2021 年鉴定结果:金丰麦 3 号中抗赤霉病,中感纹枯病,高感条锈病、叶锈病、白粉病。

农业农村部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨)检测结果表明(表 4):2019—2020 年金丰麦 3 号容重 794 g/L,籽粒蛋白质(干基)含量(质量分数,下同)12.4%,湿面筋(14%湿基)含量 27.5%,吸水率 55%,稳定时间 3.0 min,最大拉伸阻力 405.0 E.U.,拉伸面积 74 cm²,品质分类为中筋小麦;2020—2021 年金丰麦 3 号容重 780 g/L,籽粒蛋白质(干基)含量 13.8%,湿面筋(14%湿基)含量 28.9%,吸水率 55%,最大拉伸阻力 196.0 E.U.,拉伸面积 56 cm²,品质分类为中筋小麦。2 年平均结果:金丰麦 3 号容重 787 g/L,籽粒蛋白(干基)含量 13.1%,湿面筋(14%湿基)含量 28.2%,吸水率 55%,最大拉伸阻力 300.5 E.U.,拉伸面积 65 cm²,品质较好,品质分类为中筋小麦。

表 2 金丰麦 3 号区域试验和生产试验产量表现

试验组别	产量/(kg/667 m ²)	比 CK(扬麦 20)增/%	增产≥2%点率/%
2019—2020 区域试验	443.8	8.80**	94.7
2020—2021 区域试验	432.8	7.96**	100.0
2021—2022 生产试验	494.6	6.29**	90.0
平均	457.1	7.68**	94.9

注:**表示在 0.01 水平差异具高度统计学意义。

表 3 金丰麦 3 号区域试验抗性结果

试验组别	条锈病	叶锈病	白粉病	赤霉病	纹枯病	倒伏点率/%
2019—2020 区域试验	慢锈	高感	中感	中抗	高感	5.3
2020—2021 区域试验	高感	高感	高感	中抗	中感	16.5
平均	高感	高感	高感	中抗	高感	10.9

注:倒伏点率指品种区域试验中倒伏试点比例,用于评估品种的抗倒伏能力。

表 4 金丰麦 3 号品质检测结果

试验组别	容重/(g/L)	蛋白质(干基)含量/%	湿面筋(14%湿基)含量/%	稳定时间/min	吸水率/%	最大拉伸阻力(Rm)/E.U.	拉伸面积/cm ²
2019—2020 区域试验	794	12.4	27.5	3.0	55	405.0	74
2020—2021 区域试验	780	13.8	28.9	2.9	55	196.0	56
平均	787	13.1	28.2	3.0	55	300.5	65

3 金丰麦 3 号栽培技术特点

金丰麦 3 号适宜在长江中下游冬麦区的浙江省、江西省、湖北省、湖南省及上海市全部,河南省信阳全部与南阳南部,江苏和安徽两省淮河以南地

区种植,栽培技术要点如下。

3.1 种子生产与贮藏

小麦原种繁育可以实现小麦良种生产的增收、增效,可以使小麦新品种保持一定的优良基因型和表现型,能够供农业公司生产和推广。根据金丰麦

3号的品种特征特性,做好种植前的种子加工、提纯复壮,按小麦原种生产技术规程,繁殖优质原种供田间种植生产。

小麦种子在贮藏时,种子水分的含量和贮藏环境温度对于小麦贮藏效果起着重要作用。一般情况下,种子水分含量应控制在13%左右,温度控制在25℃以下,小麦种子贮藏保管效果最好。小麦种子具有耐高温性质,因此,未休眠的小麦种子在贮藏时可以采用趋热贮藏方法,具体操作为天气晴好的时候将小麦种子在太阳下暴晒,使种子温度达到45~52℃,晒热处理后及时入库贮存,这样小麦种子内部保持较高温度,可有效杀死害虫,降低种子的呼吸速率,使其进入休眠,此外还需要对贮藏的种子提前进行病虫害消杀,同时,种子贮藏期间要避免底层水汽问题,主要是因为仓库地面温度与种子温度有一定差异,待种子温度降到与仓库温度一致再进行入库较好。金丰麦3号种子在生产贮藏过程中水分含量最好控制在12%以下,贮藏前进行消杀熏蒸,熏蒸时要把袋子打开使种子与药剂充分接触,确保消杀到位。

3.2 适期播种

金丰麦3号是春性品种,适宜播期为10月底到11月中旬^[6]。小麦播种量与播种深度需要根据实际情况确定,播种量一般在10~13 kg/667 m²,行距为25 cm,播种深度为2~5 cm,若前茬为水稻,播种深度可以减少为2~3 cm,此外,需要注意小麦播期,播期越晚播种量需要对应增加^[7],如在江苏省淮南地区的小麦播种时间超过11月3日,建议每推迟1 d播种量增加0.5 kg/667 m²,具体播种量还应根据田块实际情况进行调整^[8],如田间墒情较差,也需要适当提高播种量。此外,小麦种植时的土地整理质量是提高小麦产量和生产效率的重要条件,因此,金丰麦3号种植时要注重整地质量,确保土壤湿润肥沃、土地平整,以利于小麦根系的生长,并增强抗冻、抗旱性。整地时可以通过旋耕和深耕,深耕深度设置在36 cm左右,可以用铁耙等整地工具对耕作后的土地进一步松土和平整。

3.3 田间管理

金丰麦3号田间管理中肥水管理是其栽培种植的重要环节,小麦生长后期怕涝,需要在种植地中间和边界预留足够的排水渠,实施三沟配套(畦沟、腰沟、田边沟)确保小麦不会遭受涝害^[9],所有排水沟都要与出水沟接通,防湿降渍。金丰麦3号为

喜肥、耐肥品种,小麦一生中所施肥纯氮量要超过18 kg/hm²,基苗肥、拔节孕穗肥质量比以6:4为宜^[10],同时要响应国家“双减”目标,遵循施足基肥,重施拔节孕穗肥,中途施用平衡肥,兼顾“减氮、稳磷和补钾”原则,提高肥料利用率。通过科学的田间管理来减少小麦的无效分蘖,促进籽粒灌浆,增强抗倒抗逆性从而保证产量。

3.4 科学防治病虫害

3.4.1 杂草防治。坚持“预防为主,防治结合”的方针^[11]。危害比较严重的麦田杂草主要包括节节麦、看麦娘、日本看麦娘、雀麦、蔺草、播娘蒿、猪殃殃等,不同小麦田间杂草用药不同,比如针对禾本科杂草看麦娘、日本看麦娘、硬草和蔺草比较严重的地块可以用啶唑草酯+双氯氟氯吡+甲基二磺隆复配剂或者炔草酯+异丙酮+双氯氟氯吡+甲基二磺隆复配剂进行防除。针对麦田里面的阔叶杂草可以选用啶草酮、氯氟吡氧乙酸、二甲四氯等单剂或者三者复配剂进行防除。各种杂草混生的麦田可以将药剂混合使用,但是特别注意的是啶草酮、二甲四氯除草剂不可以和乳油型除草剂混用^[12]。金丰麦3号在播种后要及时进行杂草的封杀化控,播种后的封控对来年春天杂草生长具有长期重要的抑制作用,封控时要做到不漏喷、不重喷,其中田块四周和田埂上面也要喷洒到位。

3.4.2 病害防治。播种前对麦种进行药剂拌种可以有效预防小麦纹枯病、白粉病、锈病和黑穗病等,药剂拌种针对小麦土传和种传病害也具有良好防治效果,药剂可以选择戊唑醇、硅噻菌胺或者多·福悬浮种衣剂等进行拌种。科学合理施用药剂可以提高药剂利用率并节能增效。根据小麦具体生长阶段、农田实际情况以及病害发生的季节性特点,明确小麦病害发生规律和扩散途径,进而采取针对性的防治措施,选择合适的农药种类和配方,确保药剂能有效作用于目标病害,同时尽量减少对非靶标生物的影响^[12],比如:长江中下游地区春季雨水偏多,金丰麦3号在返青拔节期容易被纹枯病菌侵染,此时期需要重点关注防治纹枯病等;小麦抽穗扬花期由于温度湿度较高,同时也是病虫害高发期,此时期应该重点防治白粉病和赤霉病等,小麦白粉病和赤霉病可以用啶唑·氟环唑40 mL/667 m²、戊唑醇20 mL/667 m²以及吡唑醚菌酯30 mL/667 m²复配使用。

3.4.3 虫害鸟害防治。麦田虫害防治主要是避免蚜虫、麦蜘蛛、灰飞虱和黏虫等造成危害,可以采取无

人机喷施噻虫·高氯氟 10 mL/667 m²。对于鸟害比较严重的地区,可以在小麦播种出苗前进行纱网覆盖、无人机或人工赶鸟等。

3.4.4 化控防倒。小麦倒伏会造成小麦严重减产,所以在小麦生长过程中要进行科学化控,具体操作可以在返青期和抽穗期,应用无人机喷施多效唑 40 mL/667 m² 进行化控抗倒伏。

3.5 适时收获

小麦种子收获前需进行不少于 2 次去杂工作,质量检测人员或者育种科研人员组织工人将种圃中的杂株和杂草连根拔除,带出田外集中处理,保证去杂效率和质量,确保小麦原种或良种的纯度和净度,其中小麦良种的纯度需要达到 1 级种子水平(99%)以上,小麦原种纯度需要达到 99.9%以上。小麦的最佳收获期是蜡熟末期,此时小麦植株通体呈黄色,茎秆脱水但是有一定韧性,籽粒干燥成熟变硬,收获期偏早或偏晚都会降低小麦的产量和品质。收获期需要时刻关注天气情况,在适宜收获期选择一段晴朗天气及时抢收、脱粒、晾晒、入库,入库时金丰麦 3 号种子水分含量保证在 12% 以下,可以有效减少种子变质,以保证发芽率。

4 讨论与总结

长江中下游地区夏季雨水充沛,湿度较高,属于夏季季风气候,在这样的气候条件下,小麦病虫害发生比较严重,金丰麦 3 号田间病害综合抗性良好。长江中下游地区主要种植优质弱筋和中筋小麦,弱筋和中筋小麦适合加工制作优质饼干、糕点以及馒头等食品,随着南方饮食文化的变化,该地区对面食的需求也在增加,面食已经超过了当地老百姓主粮比例的一半,优质小麦供不应求。通过多年系谱法选育的国审小麦金丰麦 3 号的产量、品质

和抗性综合表现突出,中筋品质性状也能满足国家和市场要求,基本达到选育目标。自 2023 年审定以来,金丰麦 3 号在长江中下游冬麦区浙江、湖北、安徽淮南麦区和江苏淮南麦区累计推广面积达约 1.3 万 hm²,备受种植大户和消费者好评,市场潜力巨大。

参考文献:

- [1] 蒋小忠,王龙俊,束林华. 江苏省小麦增产原因探讨及发展建议[J]. 中国农技推广,2024,40(8):3-5.
- [2] 关艳斌. 单宁酸改良小麦面粉烘焙品质的分子机制解析[D]. 武汉:华中科技大学,2024:1-2.
- [3] 费新茹,赵呈明,郭红,等. 高产优质小麦新品种盐麦 7 号的选育及高产栽培技术[J]. 农业科技通讯,2024(11):147-149.
- [4] 李壮,黄彦川,张传量,等. 长江中下游小麦新品系条锈病抗性评估与抗病基因分析[J]. 麦类作物学报,2024,44(7):835-845.
- [5] 顾睿,杨凯,仲庆钊,等. 高产优质新品种金梗 882 的选育及其配套栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2025,42(1):65-70.
- [6] 张容,陈士强,王汝琴,等. 国审小麦新品种扬辐麦 24 的选育及栽培技术要点[J]. 农业科技通讯,2025(2):159-161.
- [7] 刘晓武,张晓,刘国林. 国审小麦新品种扬麦 39 的选育及配套栽培技术要点[J]. 农业科技通讯,2023(11):194-196.
- [8] 钱进,冯明辉,赵建明,等. 优质小麦新品种“金丰麦 1 号”的选育及其在江苏淮南地区的高产栽培技术[J]. 上海农业科技,2023(3):66-67.
- [9] 顾启花,袁权,袁章龙,等. 国审小麦品种江麦 186 的选育与高产栽培技术[J]. 农业科技通讯,2024(2):170-172.
- [10] 褚正虎,刘晓斌,朱俊凯,等. 高产优质小麦扬麦 28 的选育及其配套栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(6):42-46.
- [11] 吴才君,朱雪琳,茆光华,等. 扬富麦 106 生产示范及配套高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(6):67-69.
- [12] 陈艳芳. 农业现代化背景下小麦种植技术与病虫害防治措施[J]. 种子科技,2025,43(2):156-158.

(下转第 70 页)

贾亚琴,董 飞,闫秋艳,等. 旱地特色小麦新品种冬黑 1608 的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):63–66(2025–08–18).
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32–1769/s.2025.04.011.

旱地特色小麦新品种冬黑 1608 的选育及栽培技术

贾亚琴,董 飞,闫秋艳,李 峰,申艳婷,鲁晋秀,杨 峰*

(山西农业大学小麦研究所,山西 临汾 041000)

摘要:针对当前水资源短缺的生态环境以及国民饮食结构的变化,山西农业大学小麦研究所自育品系“08WB254”为母本、“太 10604”为父本进行有性杂交,通过系谱法选育成特色小麦新品种——冬黑 1608。该品种于 2022 年通过山西省审定(审定编号:晋审麦 20220016),株高约 85 cm,穗数约 495 万个/hm²,穗粒数 32.9 粒/穗,千粒质量 42.3 g,适宜在山西南部中熟冬麦区旱地种植。本文介绍了冬黑 1608 的亲本来源及选育过程,阐述了其品种特征以及产量表现,并总结了该品种播前准备、冬前管理、杂草与冻害防控、后期管理、适时收获等栽培技术,以期冬黑 1608 的推广种植提供理论依据。

关键词:特色小麦;旱地;冬黑 1608;品种特征;栽培管理

中图分类号:S512.1

文献标志码:B

文章编号:1673–6486–20250034

作为保障国家粮食安全的核心作物,我国小麦生产规模位居世界前列,约占全球总产量的 20%^[1]。当前,在农业科技革新与消费升级的双重驱动下,国民饮食结构正在发生变化,这种变化从数量满足转变到品质提升,并逐步向营养功能化转型^[2]。这一趋势使得富含花青素及铁、锌、硒等微量营养元素的特色小麦品种崭露头角,凭借其天然色素与营养协同增效的特性,成为功能农业领域的重要发展方向。再加上全球变暖日益剧烈,我国的水资源短缺问题愈加严峻,抗旱节水的特色小麦品种选育亟待推进^[3]。

特色小麦籽粒表现出独特的蓝、绿、紫等色泽特征,因其富含天然花色苷类物质,与普通白粒小麦形成明显差异^[4]。研究表明,黑小麦所含的花青素成分具有多重生理调节功能,如改善心血管功能、增强机体免疫力、抑制肿瘤细胞增殖、清除自由基等,使黑小麦在功能食品领域被赋名“保健谷物”,兼具突出的营养与健康价值^[5]。基于这些特性,黑小麦已成为开发特色营养食品的重要材料来源。

当前特色小麦产业化面临的主要制约因素包括优异种质资源匮乏、环境适应性不足及病害抗性较弱等,特别是在产量指标方面与传统白粒小麦仍存在差距。培育兼具高产、广适、抗旱特性的特色小麦品种已成为产业发展的关键。由山西农业大学小麦研究所育成的“冬黑 1608”即为突破性成果,该品种在保持营养强化特性的同时实现了产量与抗病性的协同提升,于 2022 年通过农作物品种审定委员会审定,审定编号:晋审麦 20220016。

1 冬黑 1608 亲本来源及选育过程

1.1 选育目标

优化特色小麦的营养品质,培育具备高产与抗逆优势,富集花青素、类胡萝卜素等天然色素的品种,实现环境适应性与功能营养性的协同提升,契合现代化农业的发展要求和营养健康食品的市场需求。

1.2 亲本来源

冬黑 1608 是山西农业大学小麦研究所育成的稳产、抗逆旱地特色小麦新品种,该品种由母本 08WB254 与父本太 10604 进行杂交,采用系谱法培育而成。母本 08WB254 属自育品系,幼苗半直立,叶片细长,分蘖能力强;茎秆弹性好,穗型整齐,长芒,白壳,粒色深紫,角质;抗旱性强,抗病性中等,抗倒伏中等;产量三要素协调。父本太 10604 是由山西省农业科学院作物遗传研究所育成的旱地小

收稿日期:2025–03–27;修回日期:2025–08–14。

基金项目:山西农业大学科技创新提升工程(CXGC2023056);山西省小麦育种联合攻关项目(NYGC26–5);山西农业大学生物育种工程项目(YZGC015);临汾市科技重点研发计划(2324)。

作者简介:贾亚琴(1989—),女,硕士,助理研究员,主要从事黑小麦品质育种与栽培技术研究。Email: xmsjyq@163.com。

* 通信作者:杨 峰(1973—),男,硕士,研究员,主要从事黑小麦遗传育种研究。Email: 13015327469@163.com。

麦品种, 于 2008 年通过国家农作物品种审定委员会审定。该品种生育期 265 d 左右, 幼苗半匍匐, 叶片颜色深绿, 形状宽短, 分蘖能力佳; 春季起身拔节快, 旗叶上举, 株型整齐, 成穗率高, 红粒; 抗病性、抗寒性中等。

1.3 选育过程

结合山西省南部旱地的自然条件和选育目标, 2011 年以母本 08WB254 与父本太 10604 进行组配杂交, 获得 18 粒 F_1 种子并于同年播种。2012 年 F_1 群体表现优异, 通过混合收获优株种子形成 F_2 群体。2013 年在 F_2 中实施表型定向选择: 优先选择株高 75 ~ 80 cm、株型紧凑、产量构成因素(穗数、穗粒数、千粒质量)优良的单株, 同时淘汰白粒表型, 最

终筛选出 30 个深紫色籽粒株系进入 F_3 。2014 年对 F_3 株系开展多性状综合筛选: 保留籽粒色泽纯合无分离、穗型整齐、抗病性强且生育期适配旱地生态的 5 个株系。2015 年采用单穗选择法建立穗行圃, 以保持遗传纯度。2016—2019 年株系出圃后继续在小麦研究所试验田展开多轮鉴定, 系统评估产量潜力与适应性。2020—2022 年参加山西省南部中熟冬麦区区域试验, 2022 年通过山西省农作物品种审定委员会审定(审定编号: 晋审麦 20220016)。该育种程序通过表型轮回选择与阶梯式测试相结合, 逐步实现目标性状的聚合与稳定, 符合旱地小麦育种常规技术路径。冬黑 1608 具体选育过程如图 1 所示。

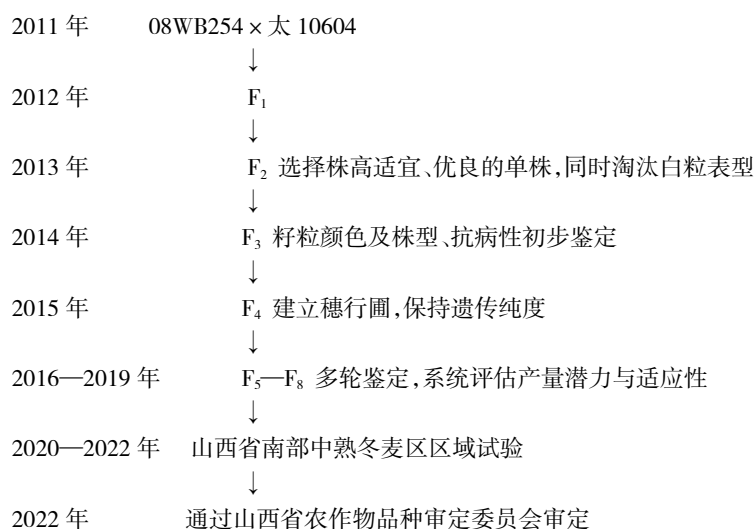


图 1 冬黑 1608 选育过程

2 冬黑 1608 品种特征

2.1 农艺性状

冬黑 1608 为冬性品种, 全生育期约 228 d, 幼苗半直立, 根系活力强, 分蘖能力强; 叶片细长, 无蜡质, 呈深绿色, 旗叶直立; 茎秆较粗, 有弹性, 抗旱性与抗倒伏能力强, 熟相好; 株高约 85 cm, 株型紧凑; 穗型为长方形, 穗长约 6.6 cm, 长芒、白色、白壳; 籽粒硬度高, 饱满, 呈深紫色, 椭圆形, 角质; 穗数约 495 万穗/hm², 穗粒数 32.9 粒/穗, 千粒质量 42.3 g; 护颖卵形, 颖肩方肩, 颖嘴中弯, 小穗密度中, 穗层整齐。

2.2 抗病性表现

山西农业大学植物保护学院于 2020—2021 年、2021—2022 年连续 2 次开展抗病性鉴定, 鉴定结果

为: 冬黑 1608 田间中感白粉病、条锈病、叶锈病。

2.3 品质特征及微量元素含量

经农业农村部谷物测试中心(哈尔滨)品质分析(表 1): 2021、2022 年冬黑 1608 籽粒容重分别为 797.00、826.00 g/L, 均值为 811.50 g/L; 粗蛋白(干基)含量(质量分数, 下同)分别为 15.68%、14.01%, 均值为 14.85%; 沉降值分别为 40.80、28.80 mL, 均值为 34.80 mL; 湿面筋含量分别为 34.00%、30.30%, 均值为 32.15%; 吸水量分别为 6.32、6.09 mL/kg, 均值为 6.21 mL/kg; 面团形成时间分别为 4.90、3.70 min, 均值为 4.30 min; 稳定时间分别为 4.90、2.80 min, 均值为 3.85 min; 拉伸面积分别为 88.00、51.00 cm², 均值为 69.50 cm²; 延伸性分别为 212.00、167.00 mm, 均值为 189.50 mm; 最大拉伸阻力分别为 298.00、212.00 E.U., 均值为 255.00 E.U.; 锌含量分别为

36.10、24.00 mg/kg,均值为 30.05 mg/kg;硒含量分别为 0.05、0.10 mg/kg,均值为 0.08 mg/kg;直链淀粉含量分别为 22.70%、25.90%,均值为 24.30%。

3 冬黑 1608 产量表现

由表 2 可知,在 2020—2021 年山西省南部中

熟冬麦区黑小麦、糯小麦特殊类型小麦旱地品种区域试验中,参试品种冬黑 1608 在 6 个区域试验点均较对照晋麦 99 增产,平均产量为 4 012.50 kg/hm²,平均增产率为 13.52%;在 2021—2022 年续试中,6 个试点均较对照运糯 32 增产,平均产量为 5 869.50 kg/hm²,平均增产率为 4.46%。2 年冬黑 1608 平均产量为 4 941.00 kg/hm²,整体较对照增产 8.99%。

表 1 冬黑 1608 品质分析

年份	容重 / (g/L)	粗蛋白(干 基)含量 / %	沉降 值 /mL	湿面筋 含量 /%	吸水量 / (mL/kg)	面团形成 时间 / min	稳定 时间 / min	拉伸 面积 / cm ²	延伸 性 / mm	最大 拉伸 阻力 /E.U.	锌含 量 / (mg/kg)	硒含 量 / (mg/kg)	直链 淀粉 含量 /%
2021 年	797.00	15.68	40.80	34.00	63.20	4.90	4.90	88.00	212.00	298.00	36.10	0.05	22.70
2022 年	826.00	14.01	28.80	30.30	60.90	3.70	2.80	51.00	167.00	212.00	24.00	0.10	25.90
均值	811.50	14.85	34.80	32.15	62.05	4.30	3.85	69.50	189.50	255.00	30.05	0.08	24.30

表 2 冬黑 1608 区域试验产量表现

试验地点	2020—2021 年			2021—2022 年		
	冬黑 1608 产量 / (kg/hm ²)	对照晋麦 99 产量 / (kg/hm ²)	较对照增产 / %	冬黑 1608 产量 / (kg/hm ²)	对照运糯 32 产量 / (kg/hm ²)	较对照增产 / %
运城市盐湖区杨包农场	4 785.00	4 024.50	18.90	5 800.50	5 767.50	0.57
运城市万荣县张户坡	4 513.50	4 173.00	8.16	4 833.00	4 699.50	2.85
运城市夏县牛家凹农场	3 720.00	3 349.50	11.07	6 141.00	6 114.00	0.43
临汾市尧都区洪堡基地	3 660.00	3 135.00	16.70	6 960.00	6 375.00	9.20
临汾市尧都区韩村农场	2 671.50	2 625.00	1.79	5 737.50	5 403.75	6.18
临汾市翼城县中卫农场	4 723.50	3 793.50	24.51	5 617.50	5 358.00	4.76
平均值	4 012.50	3 517.50	13.52	5 869.50	5 619.00	4.46

4 冬黑 1608 栽培关键环节

冬黑 1608 为旱地特色小麦品种,适宜在山西南部中熟冬麦区旱地或扩浇地种植,其栽培关键环节如下。

4.1 播前整地

为确保出苗整齐均匀,播种前的土地整理工作尤为关键。若土地整理不达标,容易引发 2 种不良后果:一是播种深度差异导致幼苗萌发时间不一致;二是土壤结构不良造成部分区域苗株缺失、缺行断垄。具体应做到拖拉机旋耕 15~20 cm,有效粉碎板结土块,确保耕层松软均匀、地表平整无杂物,优化土壤理化性状,为种子萌发创造理想的水分、温度和通气条件。有条件的地区可在 7 月中旬左右进行 1 次深松或深翻,深度 30~35 cm,有效蓄纳休

闲期降雨,增加旱地小麦播前底墒。

4.2 种肥同播

山地适播期为 10 月 5—10 日,平川适播期为 10 月 10—15 日,适时晚播,减少冬前耗水。适播期建议播种量为 150~190 kg/hm²,晚播可适当增加播量。鉴于旱地小麦灌溉条件不足,于播种阶段合理施用足量种肥,改善植株营养状况,进而提升籽粒产量。建议用复合肥作为底肥,施用量 750 kg/hm²(N、P₂O₅、K₂O 的质量分数分别为 22%、10%、8%)。播前精选种子,并进行晾晒,用小麦专用包衣剂进行包衣,防治地下害虫。

4.3 冬前管理

出苗后及时查苗补缺,保障基本苗数。针对 3 类苗情采取差异化措施:弱苗田重点采取促长措施,通过墒情监测实施水肥精准调控,配合春季追肥实

现苗情转化;旺苗田运用控长手段,采用中耕深锄(15~20 cm)、机械镇压或化控药剂(如多效唑)抑制生长;壮苗田根据底肥与墒情实施动态调控,底肥不足而墒情好的苗田要及时补肥,墒情严重而底肥足的麦田要松土保墒。

4.4 杂草防控

全生育期注意防治杂草,采取防治结合的策略,并注重药剂合理应用。小麦防治窗口期为小麦3~6叶期和杂草3~4叶期,推荐在12月中下旬杂草发育至3~4叶期时进行化学防治,此时需结合环境温度及杂草态势确定施药方案,既要防控草害又要确保麦苗安全分蘖。次年春季在小麦进入返青拔节阶段前,根据田间杂草实际发生程度及时开展补充防除作业。建议选择无风的10:00或16:00前后施药。

4.5 春季冻害防治

近年来,4月下旬前后频繁出现低温寒潮,对处于生殖生长关键期的小麦造成显著损伤。为有效应对此类气象灾害,建议加强气象监测预警,根据天气变化提前采取防御性农艺措施,具体可实施田间灌水调节地温或通过叶面喷施芸苔素或磷酸二氢钾等叶面肥增强植株抗逆性,从而降低冻害风险可

能造成的产量损失。

4.6 后期管理

中后期进行“一喷三防”,喷施富含甘露醇、甜菜碱、海藻酸及氨基酸类物质的叶面肥,以促进籽粒花青素累积,并实现增粒增重,确保籽粒产量。灌浆期及时去除杂株,以保障收获籽粒的纯度。

4.7 适时收获

蜡熟期根据气象条件及小麦成熟状况适时收获,保证品质并避免产量损失。

参考文献:

- [1] 张 军,胡 川,周起晖,等. 减氮及有机肥替代对旱地冬小麦干物质积累、转运、分配和产量的影响[J]. 作物学报,2025,51(1):207-220.
- [2] 张正斌,徐 萍,李奉令,等. 19份彩色小麦种质资源微量营养元素比较分析[J]. 中国种业,2024(5):54-61.
- [3] 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.
- [4] 应 开,孟天琪,高旺南,等. 彩色小麦种质主要农艺性状和营养品质综合评价[J]. 麦类作物学报,2025,45(3):337-348.
- [5] 田 鹏,宋 洁,李 霞,等. 不同粒色小麦籽粒中叶酸及衍生物含量分析[J]. 中国农业科技导报,2024,26(11):56-65.

Breeding and Cultivation Techniques of Dryland Characteristic Wheat Variety Donghei 1608

JIA Yaqin, DONG Fei, YAN Qiuyan, LI Feng, SHEN Yanting, LU Jinxiu, YANG Feng
(Institute of Wheat Research, Shanxi Agricultural University, Linfen 041000, China)

Abstract: In view of the current ecological environment of water shortage and the changes of the national diet structure, a new characteristic wheat variety Donghei 1608 was bred by Institute of Wheat Research, Shanxi Agricultural University through pedigree method with the self-bred line “08WB254” as the maternal parent and “Tai 10604” as the paternal parent. This variety was approved by Shanxi Crop Variety Approval Committee in 2022 (Approval Number: Jinshenmai 20220016), with a plant height of about 85 cm, a spike number of about 4.95 million/hm², a grain number of 32.9 grains/spike, and a 1 000-grain weight of 42.3 g. It was suitable for cultivation in dryland areas of the middle-maturing winter wheat region in southern Shanxi. In order to provide a theoretical basis for the popularization and planting of Donghei 1608, the parental origin and breeding process were introduced, the characteristics and yield performance were expounded, and the cultivation techniques such as pre-sowing preparation, pre-winter management, weed and frost damage prevention and control, post-management, and timely harvesting were summarized.

Key Words: Characteristic wheat; Dryland; Donghei 1608; Variety characteristics; Cultivation management

陈 峰,杨志军,薛彦晓,等. 优良食味软米新品种圣稻 30 的选育及栽培技术[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):67–70(2025–07–23). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.012>.

优良食味软米新品种圣稻 30 的选育及栽培技术

陈 峰¹,杨志军²,薛彦晓³,姜艳芳³,朱文银¹,徐建第¹,姜明松^{1*},李通古⁴

(1. 山东省农业科学院,山东 济南 250100;2. 济宁市绿健农业科技有限公司,山东 济宁 272061;

3. 莒县种子有限公司,山东 莒县 276500;4. 连云港新源种业科技有限公司,江苏 连云港 222001)

摘要:圣稻 30 是山东省农业科学院以优质早熟品种圣稻 19 为母本、优良食味软米品系宁 5062 为父本杂交,采用系谱法培育而成的优质抗病软米新品种。该品种具有品质优、丰产性好、抗病性强等特点,2021 年通过山东省审定(审定编号:鲁审稻 20210005),全生育期平均 157.2 d,株高 89.2 cm,穗长 16.3 cm,穗粒数 148.1 粒/穗,千粒质量 25.1 g;整精米率 67.6%,垩白度 0.6%,直链淀粉质量分数 9.0%,胶稠度 78 mm,碱消值 7.0,为半糯品种,食味品质优良。该品种于 2022 年获植物新品种权(品种权号:CNA20184414.8),2023 年通过江苏省引种备案[(苏)引种(2023)第 018 号],适宜在鲁南、鲁西南、沿黄稻区及江苏苏北地区种植。

关键词:圣稻 30;抗稻瘟病;半糯;特征特性;栽培技术

中图分类号:S511

文献标志码:B

文章编号:1673–6486–20250042

水稻是我国重要的粮食作物,常年种植面积约 3 000 万 hm²,水稻在我国粮食安全保障中占有重要地位^[1]。近年来,随着人们生活水平的提高,优质粳稻的需求不断增加,稻米的品质越来越受到人们的重视。直链淀粉含量是决定稻米食味品质的重要因素,低直链淀粉含量的软米品种米饭表面光泽透亮,综合了糯米的柔软性和粳米的弹性,适口性好,食味品质佳,优质软米品种的价格高于普通水稻品种^[2]。目前缺乏适于山东省种植的优质软米品种。稻瘟病一直是威胁山东水稻生产的主要病害,培育抗稻瘟病品种是防治稻瘟病最经济有效的方法^[3]。

圣稻 30(区域试验代号圣稻 3466)是山东省农业科学院以优质粳稻圣稻 19 为母本、优质半糯品系宁 5062 为父本杂交系谱法育成,2021 年通过山东省审定(鲁审稻 20210005),2023 年通过江苏省引种备案:(苏)引种(2023)第 018 号。2022 年 5 月获植物新品种权(品种权号:CNA20184414.8)。

1 圣稻 30 选育过程

母本圣稻 19 是由山东省水稻研究所培育的中早熟粳稻品种,2013 年通过山东省审定^[4]。父本宁 5062(组合为武粳 13/关东 194),引自江苏省农业科学院粮食作物研究所,为半糯品系。2012 年济宁配制组合,2012 年冬在海南三亚种植 F₁,编号 NF1–12,种子混收;2013 年正季在济宁种植 F₂,编号 F08,优良单株混选;2013 年冬在海南种植 F₃,编号 NF03,优良单株混选;2014 年正季在济宁种植 F₄,编号 14ZF20,单株选择,外观品质分析,挑选半糯型单株进行南繁加代,2014 年南繁编号 NS211 的株系(F₅)入选,混收;2015 年种植 F₆,品比试验编号 15S3466,2015 年南繁 F₆,编号 15NS1036,2016 年品比编号 16PW16。2017 年定名圣稻 3466,参加山东省中晚熟组水稻区域试验,2018 年续试,2019 年进入生产试验,2021 年通过山东省审定。品种系谱图如图 1 所示。

2 圣稻 30 特征特性

2.1 主要农艺性状

圣稻 30 中熟中粳、直立大穗、无芒、落粒性中等。山东省中晚熟组水稻区域试验 2 年综合表现(表 1):圣稻 30 全生育期平均 157.2 d,比临稻 10 号(CK)早熟 3.1 d;有效穗数 324.0 万穗/hm²,成

收稿日期:2025–04–15;修回日期:2025–07–09。

基金项目:山东省科技型中小企业创新能力提升工程(2024TSGC0841、2023TSGC0432);山东省农业良种工程(2024LZGCQY007);济宁市重点研发计划(2024SHNS001);山东省水稻产业技术体系(SDAIT–17–17)。

作者简介:陈 峰(1979—),男,硕士,副研究员,主要从事水稻遗传育种研究。Email: chenfeng7902@163.com。

* 通信作者:姜明松(1978—),男,硕士,副研究员,主要从事水稻遗传育种研究。Email: 964651871@qq.com。

穗率 78.8%，株高 89.2cm，穗长 16.3 cm，穗粒数 148.1 粒 / 穗，实粒数 127.0 粒 / 穗，结实率 85.7%，千粒质量 25.1 g。

2.2 稻米品质

经农业农村部稻米及制品质量检验检测中心(杭州)测试,圣稻 30 主要米质指标 2 年平均

(表 2):糙米率 84.4%,整精米率 67.6%,粒长 4.8 mm,长宽比 1.8,垩白度 0.55%,直链淀粉质量分数 9.0%,胶稠度 78 mm,碱消值 7.0,为半糯品种,食味品质优良。2025 年 1 月,圣稻 30 获评第四届“连天下”连云港优质品牌稻米银奖。圣稻 30 因整精米率高、食味品质优,稻谷价格比普通品种约高 0.3 元 /kg。

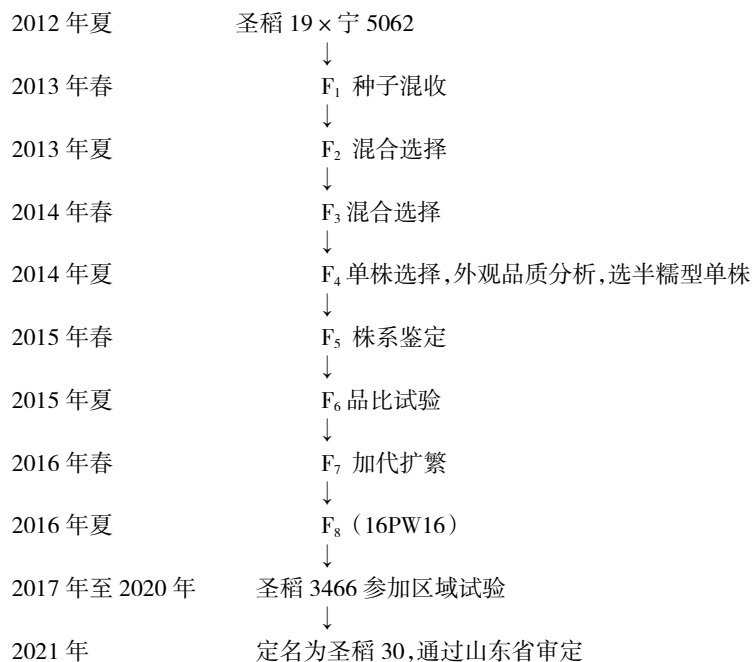


图 1 圣稻 30 选育系谱图

表 1 圣稻 30 主要农艺性状与产量表现

试验组别	全生育期 /d	较 CK 增 /d	有效穗数 / (万个 /hm ²)	成穗率 / %	株高 / cm	穗长 / cm	穗粒数 / (粒 / 穗)	实粒数 / (粒 / 穗)	结实率 / %	千粒质量 /g	产量 / (kg/hm ²)	较 CK 增 /%
2017 年区域试验	157.6	-3.1	322.5	78.4	91.8	16.8	160.5	134.7	83.7	25.3	10 225.5	5.6
2018 年区域试验	156.7	-3.1	325.5	79.1	86.5	15.8	135.7	119.4	87.6	24.9	9 438.0	5.3
2 年平均	157.2	-3.1	324.0	78.8	89.2	16.3	148.1	127.0	85.7	25.1	9 831.8	5.5
2019 年生产试验	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9 994.5	7.7

表 2 圣稻 30 稻米品质检测结果

年份	糙米率 / %	精米率 / %	整精米率 / %	垩白度 / %	直链淀粉质量分数 / %	胶稠度 / mm	粒长 / mm	长宽比	透明度	碱消值
2017	84.0	74.2	71.5	0.60	8.6	78	4.8	1.8	2	7.0
2018	84.8	75.4	63.8	0.50	9.3	78	4.8	1.8	2	7.0

2.3 产量表现

由表 1 可知,2017 年山东省中晚熟组水稻区域试验,圣稻 30 平均产量 10 225.5 kg/hm²,比临稻 10 号(CK)增产 5.6%,2018 年续试,圣稻 30 平均产量 9 438.0 kg/hm²,比临稻 10 号(CK)增产 5.3%,2 年平均

产量 9 831.8 kg/hm²,比临稻 10 号(CK)增产 5.5%。2019 年生产试验,圣稻 30 平均产量 9 994.5 kg/hm²,比临稻 10 号(CK)增产 7.7%。

2.4 抗性表现

2017—2018 年经天津市农业科学院植物保护

研究所抗病鉴定(表 3):圣稻 30 稻瘟病综合抗性指数 2 年分别为 2.3 和 3.0,损失率最高级 1 级,稻瘟病抗性好于对照临稻 10 号,田间表现抗倒性强。

2.5 江苏引种试验表现

圣稻 30 株型紧凑,分蘖力较强,叶片挺直,生长整齐,抗倒,成穗率高,穗型较大,穗直立、穗层整齐,剑叶上冲,叶片绿色,叶姿挺直,后期转色落黄好,籽粒金黄。2022 年连云港新源种业科技有限公司组织

的引种适应性试验平均结果:圣稻 30 株高 85.2 cm,有效穗数 339 万穗 /hm²,总粒数 135.1 粒 /穗,结实率 91.6%,千粒质量 26.4 g,全生育期 144.0 d,比对照徐稻 3 号短 3 d。圣稻 30 平均产量 10 222.5 kg/hm²,比对照徐稻 3 号增产 5.5%。经江苏省农业科学院植物保护研究所接种鉴定:圣稻 30 中感稻瘟病、白叶枯病,感纹枯病,抗条纹叶枯病,稻曲病免疫。

表 3 圣稻 30 稻瘟病抗性鉴定结果

年份	名称	苗、叶瘟 平均病级 / 级	穗颈瘟				综合评价	
			发病率 /%	病级 / 级	损失率 /%	病级 / 级	综合指数	损失率最高级 / 级
2017	临稻 10 号	0	51.1	9	7.9	3	3.8	3
	圣稻 30	0	46.9	7	4.2	1	2.3	1
2018	临稻 10 号	1	61.5	9	9.2	3	4.0	3
	圣稻 30	1	63.6	9	4.5	1	3.0	1

3 圣稻 30 栽培技术要点

3.1 机插秧技术要点

麦茬稻区 5 月中下旬播种,基质育秧每盘 120 g,6 月上中旬插秧,秧龄 25 ~ 30 d,大田栽插约 30 万穴 /hm²,基本苗数 120 万株 /hm²。东营春稻区 4 月中下旬育秧,5 月中旬插秧。

一般施纯氮 150 ~ 230 kg/hm²,肥料运筹上采取“前重、中控、后补”的原则,并重视磷钾肥和有机肥的配合施用。提倡施用水稻专用控释肥,可以实现节肥省工。水层管理方面应浅水栽插,寸水活棵,薄水分蘖,足苗后适时分次搁田,后期干湿交替,收割前 1 周断水,适时收获。

秧田期和大田前期注意防治灰飞虱、稻蓟马,中、后期综合防治稻瘟病、纹枯病、稻曲病等病害和螟虫、稻纵卷叶螟、稻飞虱等虫害^[5]。

3.2 直播栽培技术要点

麦收后及时整地,精细整地,田面平整,高低落差不超过 3 cm,田面软硬适中,土壤细碎,翻耕深度为 15 ~ 20 cm,然后耙平、耙细,做到田平、泥融、无杂草、无残茬。施足基肥,结合整地,施水稻专用复合肥 600 kg/hm²。

用种量 300 kg/hm²,浅播。播种至 3 叶期,保持田面湿润,以促进种子发芽和扎根;3 叶期后,建立浅水层,促进分蘖发生;当分蘖数达到预计穗数的 80% 左右时,进行晒田,控制无效分蘖;孕穗期保持

田间有一定的水层,以满足水稻对水分的需求;抽穗扬花期保持田间水层 3 ~ 5 cm;灌浆结实期实行干湿交替,以提高水稻的结实率和千粒质量^[6]。

一般在 3 叶期施尿素 75 ~ 105 kg/hm²,促进分蘖;在晒田复水后,追施水稻专用复合肥 150 ~ 225 kg/hm²,促进幼穗分化;在抽穗前 7 ~ 10 d,追施尿素 45 ~ 75 kg/hm²,结合病虫害防治喷施磷酸二氢钾等叶面肥,提高结实率和千粒质量。

加强病虫害监测和防治,重点做好破口期和齐穗期的稻瘟病、纹枯病防治。及时进行化学除草,在播种后 3 ~ 5 d,用 30% 丙草胺乳油 1 500 ~ 2 250 mL/hm² 对水 600 kg/hm² 均匀喷雾,封杀杂草,在水稻 3 叶期后,根据杂草种类,选用合适的除草剂进行防除。当 80% 以上谷粒变黄,穗轴、穗枝梗变黄,米粒变硬时,即可进行收获。收获过早,稻谷灌浆不充分,粒质量降低,影响产量和品质;收获过晚,稻谷易脱落,造成损失。

参考文献:

- [1] 程式华. 中国水稻育种百年发展与展望[J]. 中国稻米,2021, 27(4):1-6.
- [2] 岳红亮,赵庆勇,赵春芳,等. 江苏省半糯粳稻食味品质特征及其与感官评价的关系[J]. 中国粮油学报,2020,35(6):7-14,22.
- [3] 陈 峰,房文文,刘 伟,等. 10 个抗稻瘟病基因在黄淮稻

- 区粳稻品种(系)中的分布[J]. 北方水稻, 2024, 54(4): 1–8, 20.
- [4] 陈 峰, 徐建第, 朱文银, 等. 水稻新品种圣稻 19 的选育及栽培技术要点[J]. 山东农业科学, 2013, 45(12): 93–94.
- [5] 陈 峰, 金桂秀, 朱文银, 等. 优质高产粳稻新品种圣稻 27 选育及机插栽培技术要点[J]. 北方水稻, 2021, 51(3): 43–44.
- [6] 刘 伟, 于晓燕, 王 宇, 等. 优质抗病粳稻新品种哈勃 903 选育及栽培技术要点[J]. 北方水稻, 2024, 54(5): 45–46, 54.

Breeding and Cultivation Techniques of New Soft Rice Variety Shengdao 30 with Excellent Taste

CHEN Feng¹, YANG Zhijun², XUE Yanxiao³, JIANG Yanfang³, ZHU Wenyin¹, XU Jiandi¹, JIANG Mingsong¹, LI Tonggu⁴

(1. Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China; 2. Jining Lvjian Agricultural Technology Co., Ltd., Jining 272061, China; 3. Juxian Seed Co., Ltd., Juxian 276500, China; 4. Lianyungang Xinyuan Seed Industry Technology Co., Ltd., Lianyungang 222001, China)

Abstract: Shengdao 30 is a new high-quality and disease-resistant soft rice variety developed by Shandong Academy of Agricultural Sciences using pedigree method with the high-quality early maturing variety Shengdao 19 as the maternal parent and the excellent taste soft rice variety Ning 5062 as the paternal parent. This variety has the characteristics of excellent quality, high yield, and strong disease resistance. It was approved by Shandong Province in 2021 (Lushandao 20210005), with an average growth period of 157.2 days, a plant height of 89.2 cm, a spike length of 16.3 cm, 148.1 grains per spike, and a thousand grain weight of 25.1 g. The milled rice rate is 67.6%, the chalkiness degree is 0.6%, the amylose content is 9.0%, the gel consistency is 78 mm, and the alkali digestion value is 7.0. It is a semi glutinous variety with excellent taste quality. This variety was granted to obtain new plant variety rights (CNA20184414.8) in 2022. In 2023, it was registered for introduction in Jiangsu Province [(Su) Introduction (2023) No.018]. Shengdao 30 is suitable for planting in southern Shandong, southwestern Shandong, the Yellow River rice growing areas, and northern Jiangsu.

Key Words: Shengdao 30; Rice blast resistance; Semi glutinous; Characteristics; Cultivation technique

(上接第 62 页)

Breeding of New Nationally Approved Wheat Variety Jinfengmai No.3 and Its High-yield Cultivation Techniques

PEI Haiyi¹, ZHOU Liangyu¹, SUN Yahong¹, YANG Kai¹, GU Rui¹, XU Xiao²

(1. Jiangsu Golden Agriculture Co., Ltd., Yancheng 224100, China;
2. Jiangsu Coastal Area Institute of Agricultural Sciences, Yancheng 224002, China)

Abstract: Jinfengmai No.3 is a new nationally approved wheat variety (Approval Number: 20230010) selected by Jiangsu Golden Agriculture Co., Ltd. It is characterized by high yield, stable yield, good quality, short growth period and strong resistance. Jinfengmai No.3 has strong tillering ability, strong lodging resistance, good maturity appearance, moderate resistance to *Fusarium* head blight. The average yield of the regional trial in the winter wheat group of the middle and lower reaches of the Yangtze River for two consecutive years was 438.3 kg/667 m², which was 8.38% higher than that of the control Yangmai 20, with a extremely significant level. This study systematically and in detail introduces the breeding process, agronomic traits, yield performance, quality and resistance, as well as key points of cultivation techniques of Jinfengmai No.3, in order to provide a reference for the breeding of new wheat varieties and high-yield cultivation techniques in the winter wheat group area of the middle and lower reaches of the Yangtze River.

Key Words: Jinfengmai No.3; Cross breeding; Characteristics; Yield performance; Cultivation technique

胡 慧,孙铭若,赵明卓,等. 早熟、高产晚粳新品种长农粳 2 号的选育与特征特性[J/OL]. 大麦与谷类科学,2025,42(4):71–74,78 (2025-08-01). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.013>.

早熟、高产晚粳新品种长农粳 2 号的选育与特征特性

胡 慧¹,孙铭若²,赵明卓²,门瑞龙²,田 雨³,徐俊英²,杨隆维²,刘海洋²,邱先进^{2*}

[1. 长江大学文理学院,湖北 荆州 434020;2. 湿地生态与农业利用教育部工程研究中心/农业农村部长江中游作物绿色高效生产重点实验室(部省共建)/长江大学,湖北 荆州 434025;3. 宜昌市农业科学院,湖北 宜昌 443004]

摘要:为了给湖北省晚稻种植区域提供优良粳稻品种,长江大学联合中国农业科学院作物科学研究所自育品种长农粳 1 号为母本、早熟抗稻瘟病种质资源 VE6219 为父本,利用系谱法选育了早熟、高产晚粳新品种长农粳 2 号。该品种全生育期比对照鄂晚 17 早熟 7.2 d,产量比鄂晚 17 增产 8.20%,表现为早熟、高产等特点。该品种已于 2022 年通过湖北省审定(审定编号:鄂审稻 20220036),适宜在湖北省双季稻区的稻瘟病无病区或轻病区作晚稻种植。本文介绍了长农粳 2 号的选育过程、特征特性和栽培技术要点,为推广长农粳 2 号提供技术支撑。

关键词:早熟高产;长农粳 2 号;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:1673-6486-20250047

水稻是我国重要的口粮作物^[1]。粳稻由于比籼稻的口感更好,近年来消费快速增长,其消费区域发生了较大变化,我国南方的江苏、浙江和上海目前已经成为了粳稻最大的消费区^[2]。此外,粳稻的收购价格比籼稻高,因此种植粳稻有利于农民增收^[3]。湖北省粳稻种植面积约为 1.5 万 hm²,平均产量为 450 kg/667 m²。但是,湖北省粳稻的单位面积产量比籼稻低约 16%,极大地阻碍了粳稻的推广。鉴于此,亟需选育高产粳稻新品种,满足种植户和消费者对优质粳稻的需求。

湖北省位于我国南北过渡地带,除了种植一季中稻外,也是南方少有的粳稻适宜种植区域^[4]。湖北的粳稻种植主要以晚稻为主,尤其是早籼晚粳模式^[5]。但是粳稻品种生育期普遍较长,因此限制了早稻的生育期,且在早稻收获和晚稻插秧期劳动强度非常大。为了缓解“双抢”造成的劳动力紧张问题,亟需培育生育期短的粳稻品种。基于此,长江大学和中国农业科学院作物科学研究所自育高档优质软米晚粳品种“长农粳 1 号”为亲本,通过回交育种选育了早熟高产晚粳新品种“长农粳 2 号”,以期为湖

北省晚稻种植区提供优良粳稻新品种。

1 长农粳 2 号选育经过

1.1 亲本来源

母本长农粳 1 号是长江大学、江苏(武进)水稻研究所和中国农业科学院作物科学研究所共同选育的软米晚粳品种^[6],该品种表现为产量高和食味好,但不抗稻瘟病、生育期偏迟。父本 VE6219 引自华中农业大学^[7],该品种含有稻瘟病抗性基因 *Pi2*,表现为熟期早、抗稻瘟病。

1.2 选育经过

2015 年冬在海南将 VE6219 与长农粳 1 号杂交,2016 年夏在荆州种植 F₁,将真杂种与长农粳 1 号回交,同年冬季去海南加代种植 46 株 BC₁F₁ 群体,考察表型后,选择 3 个单株与长农粳 1 号回交,2017 年夏在荆州种植 90 株 BC₂F₁ 群体,观察农艺性状优选 2 株去海南种植 3 000 株 BC₂F₂ 群体,观察农艺性状优选 78 株,2018 年夏荆州种植 78 个 BC₂F₃ 株系,观察农艺性状,入选 20 个农艺性状稳定且表现优异的株系按株系混收 BC₂F₄ 种子。2019 年夏季在湖北荆州、黄冈、宜昌、孝感等地进行多点品比试验,选择早熟且高产的株系 1912;2020—2021 年参加湖北省晚粳区域试验,并于 2021 年开展生产试验。2022 年通过湖北省审定,并正式命名为长农粳 2 号,审定编号为鄂审稻 20220036。选育流程见表 1。

收稿日期:2025-05-04;修回日期:2025-06-28。

基金项目:湖北省中央引导地方科技发展专项(2024BSB011)。

作者简介:胡 慧(1985—),女,博士,讲师,主要从事水稻遗传育种研究。Email: 240925404@qq.com。

* 通信作者:邱先进(1984—),男,博士,教授,主要从事水稻遗传育种研究。Email: xjqiu216@yangtzeu.edu.cn。

表 1 长农粳 2 号选育流程

年份	地点	世代	选育内容
2015 年冬	海南陵水		长农粳 1 号与 VE6219 杂交,收获种子 50 粒
2016 年夏	湖北荆州	F ₁	种植 12 个 F ₁ 单株,与长农粳 1 号回交
2016 年冬	海南陵水	BC ₁ F ₁	种植 46 株 BC ₁ F ₁ 单株,选 3 株优良单株与长农粳 1 号回交
2017 年夏	湖北荆州	BC ₂ F ₁	种植 90 株 BC ₂ F ₁ 单株,收 2 株优良单株
2017 年冬	海南陵水	BC ₂ F ₂	种植 3 000 株 BC ₂ F ₂ 群体,选 78 株优良单株
2018 年夏	湖北荆州等地	BC ₂ F ₃	种植 87 个株系,选 28 个优良单株
2018 年冬	海南陵水	BC ₂ F ₄	种植 28 个株系,考察株系稳定性和产量表现,混收 20 个株系
2019 年夏	湖北荆州等地	BC ₂ F ₅	多点品比试验,选编号为 1912 的株系
2020 年夏			湖北省晚粳区域试验
2021 年夏			湖北省晚粳区域试验,同时开展生产试验
2022 年			湖北省审定,审定编号为鄂审稻 20220036,正式命名为长农粳 2 号

2 长农粳 2 号特征特性

2.1 产量表现

由表 2 可知,长农粳 2 号 2020—2021 年参加湖北省晚粳区域试验,2 年区域试验平均产量为 548.58 kg/667 m²,比对照鄂晚 17 增产 8.20%。其中:2020 年区域试验长农粳 2 号平均产量为

530.33 kg/667 m²,比对照鄂晚 17 增产 7.97%,增产不显著,产量居第 3 位,8 个试点中 7 个增产,增差点 87.5%;2021 年区域试验平均产量为 566.82 kg/667 m²,比对照鄂晚 17 增产 8.42%,增产极显著,产量居第 5 位,10 个试点中 9 个增产,增差点 90.0%。2021 年生产试验长农粳 2 号平均产量为 564.52 kg/667 m²,比对照鄂晚 17 增产 5.57%。

表 2 长农粳 2 号在区域试验及生产试验中的产量及其相关性状

年份	品种	全生育期 / d	株高 / cm	有效穗数 / (万穗 /667 m ²)	穗长 / cm	穗粒数 / (粒 / 穗)	实粒数 / (粒 / 穗)	结实率 / %	千粒质量 / g	区域试验产量 / (kg/667 m ²)	生产试验产量 / (kg/667 m ²)
2020	长农粳 2 号	124.1	85.3	20.6	14.8	134.0	109.1	81.4	24.05	530.33	—
	鄂晚 17(CK)	131.4	96.1	23.2	15.7	119.9	98.0	81.7	22.27	491.20	—
2021	长农粳 2 号	113.9	85.2	21.3	15.1	130.6	117.7	90.1	25.48	566.82	564.52
	鄂晚 17(CK)	120.9	94.6	21.6	16.5	124.5	107.2	86.1	22.90	522.80	534.73

注:“—”表示 2020 年未设生产试验。

2.2 基本农艺性状

由表 2 可知,长农粳 2 号全生育期平均为 119.0 d,比鄂晚 17 早 7.2 d;有效穗数平均为 21.0 万穗 /667 m²,株高平均为 85.3 cm,穗长平均为 15.0 cm,穗粒数平均为 132.3 粒 / 穗,实粒数平均为 113.4 粒 / 穗,结实率平均为 85.8%,千粒质量平均为 24.77 g(图 1)。其中:2020 年长农粳 2 号全生育期 124.1 d,比鄂晚 17 早 7.3 d,有效穗数 20.6 万穗 /667 m²,株高 85.3 cm,穗长 14.8 cm,穗粒数 134.0 粒 / 穗,实粒数 109.1 粒 / 穗,结实率 81.4%,千粒质量 24.05 g;2021 年长农粳 2 号全生育期 113.9 d,比鄂晚 17 早 7.0 d,株高 85.2 cm,

穗长 15.1 cm,有效穗数为 21.3 万穗 /667 m²,穗粒数 130.6 粒 / 穗,实粒数 117.7 粒 / 穗,结实率 90.1%,千粒质量 25.48 g。

2.3 品质性状

由表 3 可知,长农粳 2 号在 2020 年湖北省晚粳区域试验中出糙率 81.4%,与鄂晚 17 相当;整精米率 65.2%,比鄂晚 17 低 8.1 百分点;粒长 5.1 mm,长宽比 1.9,垩白度 21.7%(图 2),比鄂晚 17 分别高 0.5 mm、0.1 和 16.8 百分点;直链淀粉含量(质量分数,下同)14.4%,比鄂晚 17 低 2.4 百分点;胶稠度 73 mm,比鄂晚 17 高 13 mm;碱消值 3.7,比鄂晚 17

低 3.3;透明度 2 级,比鄂晚 17 高 1 级。长农粳 2 号 2021 年出糙率 84.3%,比鄂晚 17 高 0.7 百分点;整精米率 69.9%,比鄂晚 17 低 1.7 百分点;粒长 4.9 mm,比鄂晚 17 高 0.3 mm;长宽比 1.8,与鄂晚 17 相当;

垩白度 41.7%,比鄂晚 17 高 36.1 百分点;直链淀粉含量 15.4%,比鄂晚 17 低 1.8 百分点;胶稠度 66 mm,比鄂晚 17 高 6 mm;碱消值 3.5,比鄂晚 17 低 3.2;透明度 4 级,比鄂晚 17 高 3 级。



图 1 长农粳 2 号群体

表 3 长农粳 2 号在区域试验中的品质表现

年份	品种	出糙率 / %	整精米率 / %	粒长 / mm	长宽比	垩白度 / %	直链淀粉含量 / %	胶稠度 / mm	碱消值	透明度 / 级
2020	长农粳 2 号	81.4	65.2	5.1	1.9	21.7	14.4	73	3.7	2
	鄂晚 17(CK)	81.2	73.3	4.6	1.8	4.9	16.8	60	7.0	1
2021	长农粳 2 号	84.3	69.9	4.9	1.8	41.7	15.4	66	3.5	4
	鄂晚 17(CK)	83.6	71.6	4.6	1.8	5.6	17.2	60	6.7	1



图 2 长农粳 2 号谷粒和米样

2.4 抗性表现

长农粳 2 号在 2020—2021 年湖北省晚粳区域试验中由宜昌市农业科学院、恩施州农业科学院植保土肥研究所、崇阳县种子管理局鉴定稻瘟病、白叶枯病、纹枯病、稻曲病和耐冷性。结果(表 4)显示,

长农粳 2 号在 2 年区域试验中表现为中感稻瘟病(5 级),稻瘟病综合指数 4.8;中感白叶枯病(5 级),感纹枯病(7 级)、稻曲病(7 级),耐冷性为中间型(5 级)。

表 4 长农粳 2 号在区域试验中的抗性表现

年份	品种	稻瘟病抗性	白叶枯病抗性	纹枯病抗性	稻曲病抗性	耐冷性
2020	长农粳 2 号	中感	中感	感	感	—
	鄂晚 17(CK)	中感	中感	中感	抗	耐冷型
2021	长农粳 2 号	中抗	中感	感	—	中间型
	鄂晚 17(CK)	高感	中感	感	未发	—

注:稻瘟病抗病评价参照 DB42/T 208—2001《农作物品种区域试验抗病性鉴定操作规程》。

3 长农粳 2 号栽培技术要点

3.1 适时播种,培育壮秧

在湖北省内,长农粳 2 号的播种期应安排在 6 月 25 日之前,人工插秧模式下,秧田安排的播种量一般为 25 kg/667 m²,移栽大田的用种量一般为 2~3 kg/667 m²。在播种前,应用杀菌剂对种子进行浸泡,防治恶苗病等种子病害。秧苗长至 2 叶 1 心时施用尿素 5.0 kg/667 m²,秧苗移栽前再施用尿素 7.5 kg/667 m²。

3.2 适时移栽,合理密植

移栽模式下,长农粳 2 号秧龄一般为 30 d 左右,插秧的行距、株距分别为 20.0、13.3 cm,每穴插 3—4 株谷苗。根据秧苗的长势调节每穴单株数,保证长农粳 2 号基本苗数为 12 万~15 万株/667 m²。

3.3 水肥管理

长农粳 2 号全生育期需保证施纯氮 13~15 kg/667 m²。插秧前,应施足基肥,基肥以有机肥或复合肥为主。全生育期内还需要施 2—3 次追肥,其中基肥与追肥的质量比例一般为 7:3,N、P₂O₅、K₂O 质量比一般为 1.0:0.4:0.5。插秧后 7 d 开始施用返青肥,间隔 7 d 左右施用分蘖肥。后期根据苗情施用穗肥和粒肥。

插秧时应做到保证田间为浅水层,插秧后续提高水层,做到寸水活棵,分蘖期田间保持薄水即可。至插秧后 20~25 d,可视苗情开始逐步晒田控苗,至孕穗到抽穗扬花期仍然需要保持浅水,抽穗至齐穗阶段须保持田间深水。齐穗 7 d 后,田间应保持干湿湿的灌溉模式,直至成熟。收割前 7 d 田间彻底断水,以提高收割效率。

3.4 田间病虫害防治

苗期从 1 叶 1 心开始,每 7 d 施用 1 次农药防治蓟马,如果蓟马危害过重,可酌情增加频次。插秧后,大田主要防治螟虫和钻心虫、飞虱、稻瘟病、白叶枯病、纹枯病和稻曲病等病虫害。

3.5 适时收获

待 90%谷粒成熟时,须尽快收割。收割后及时晾晒,或利用烘干机烘干,保证高产优质。

参考文献:

- [1] QIU X J,YANG J,ZHANG F,et al. Genetic dissection of rice appearance quality and cooked rice elongation by genome-wide association study[J]. The Crop Journal,2021,9(6):1470-1480.
- [2] 陈 静,唐振闯,程广燕. 我国稻谷口粮消费特征及其趋势预测[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(4):108-116.
- [3] 黄发松,王延春. 湘、鄂、赣发展晚粳稻生产的条件与建议[J]. 中国稻米,2010,16(6):67-68.
- [4] QIU X J,CHEN K,LV W K,et al. Examining two sets of introgression lines reveals background-independent and stably expressed QTL that improve grain appearance quality (*Oryza sativa* L.)[J]. Theoretical and Applied Genetics,2017,130(5):951-967.
- [5] 张似松,汤颢军,柴婷婷,等. 加快粳稻发展,进一步做强湖北省水稻产业[J]. 湖北农业科学,2012,51(3):450-453.
- [6] 杨隆维,徐建龙,刘古春,等. 高产软米晚粳新品种长农粳 1 号的选育[J]. 种子,2015,34(12):99-101.
- [7] JIANG J F,YANG D B,ALI J,et al. Molecular marker-assisted pyramiding of broad-spectrum disease resistance genes,*Pi2* and *Xa23*,into GZ63-4S,an elite thermo-sensitive genic male-sterile line in rice[J]. Molecular breeding,2015,35(3):83.

(下转第 78 页)

秦丹丹,吴波,李芹,等.青贮大麦新品种鄂饲麦438的选育及其配套栽培技术[J/OL].大麦与谷类科学,2025,42(4):75–78 (2025-06-12). <https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2025.04.014>.

青贮大麦新品种鄂饲麦438的选育及其配套栽培技术

秦丹丹¹,吴波²,李芹³,刘宏³,许甫超¹,徐晴¹,彭严春¹,孙龙清¹,付大龙¹,董静^{1*}

(1. 湖北省农业科学院粮食作物研究所/农业农村部作物分子育种重点实验室/粮食作物种质创新与遗传改良湖北省重点实验室, 湖北武汉430064; 2. 湖北汇楚智生物科技有限公司, 湖北武汉430064; 3. 湖北腾龙种业有限公司, 湖北襄阳441100)

摘要:鄂饲麦438是湖北省农业科学院粮食作物研究所经多年定向系谱法,从复交组合“鄂32380//鄂大麦6号/鄂大麦934”中选育而成的青贮大麦新品种。鄂饲麦438为偏春性二棱皮大麦,茎秆粗壮,分蘖力强、成穗率高,综合抗逆性强、抗倒伏能力突出。2016—2018年参加湖北省大麦多点联合鉴定试验,2年度鄂饲麦438籽粒平均产量384.86 kg/667 m²,比对照华大麦9号增产8.71%;平均全生育期173.7 d,比华大麦9号晚熟1.7 d;株高81.10 cm,穗数39.53万穗/667 m²,穗粒数24.00粒/穗,千粒质量41.62 g;籽粒蛋白质含量(质量分数,下同)12.13%,淀粉含量52.85%,赖氨酸含量0.44%, β -葡聚糖含量6.92%。2020—2022年参加湖北省青贮大麦多点联合鉴定试验,鄂饲麦438 2年度饲草干质量975.90 kg/667 m²,比对照华大麦9号增产9.97%。为充分发挥鄂饲麦438在湖北省以及临近区域青贮大麦生产中的作用,本文围绕该品种的亲本特征、选育流程、特征特性及高产栽培技术进行了详细介绍,以期为该品种在生产中的大面积应用提供技术支撑。

关键词:青贮大麦;鄂饲麦438;特征特性;栽培技术

中图分类号:S512.3

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20250043

随着社会发展,人们对于优质、安全肉蛋奶的需求也在不断增长^[1]。我国畜牧业也由以“农户无序散养”为主向“标准化、规模化”生产快速转变,而充足的饲草供应是实现规模化养殖的基础。据农业农村部《“十四五”全国粮草产业发展规划》(2022)初步测算,我国优质饲草缺口超4 000万t^[2]。特别是高纬度、高原、高寒地区,冬春饲草短缺,已成为限制该地区畜牧业发展的瓶颈^[3]。

青贮饲料素有“草罐头”之称,是饲喂家畜的上等饲料。作为畜禽养殖的优质饲料,青贮大麦从幼苗到中后期绿色植株、籽粒和干草均可食用。而且,大麦绿色植株内营养物质,如蛋白质、维生素A、维生素E及钙、磷等的含量均高于玉米^[4]。据农业农村部《养殖场青贮饲料生产技术指导意见》(2022)公布的数据,大麦绿色植株粗蛋白含量可达12.1%,是

青贮玉米(8.8%)的约1.5倍,营养价值相对于青贮玉米可达89%。喂食青绿大麦和大麦芽,不仅可以促进家畜的健康发育,还能提高繁育能力。研究表明,利用青贮大麦饲喂育肥鹅,可比喂养玉米秸秆粉组增重33.5%^[5]。同时,大麦耐瘠薄、抗生物和非生物逆境的能力较强、适应性广、早熟、机械化程度高。因此,开展优质青贮大麦新品种的选育及其栽培技术研究,有利于促进青贮大麦的大面积应用,实现优质青贮原料的周年种植和周年供应,促进草食家畜产业健康发展,且在不与主粮争地和不影响粮食生产的前提下实现农民增收、农业增效。

根据“主攻高产、优质,兼顾抗病(逆)”的育种目标^[6],本单位配制杂交组合“鄂32380//鄂大麦6号/鄂大麦934”,经多年系谱法定向筛选,实现了各亲本优良性状基因互补聚合,育成了高产、多抗、广适的青贮大麦新品种鄂饲麦438,分别于2016—2018年、2020—2022年参加并完成湖北省大麦多点联合鉴定试验和湖北省青贮大麦多点联合鉴定试验。

1 鄂饲麦438选育过程

1.1 育种目标和亲本来源

根据青贮大麦选育需求,以“粮草双高”“青贮专用”“抗逆性强”为育种目标,选择亲本并配制杂交组合。所用亲本均为湖北省农业科学院粮食作物

收稿日期:2025-04-21;修回日期:2025-06-05。

基金项目:湖北省重点研发计划(2023BBB100);国家大麦青稞产业技术体系(CARS-05)。

作者简介:秦丹丹(1982—),女,博士,研究员,主要从事大麦和小麦种质创制和重要功能基因克隆和应用工作。
Email: hnqdd@163.com。

*通信作者:董静(1981—),男,硕士,研究员,主要从事大麦和小麦新种质创制和新品种选育和应用工作。
Email: dongjingsir061@163.com。

研究所选育,其中,鄂 32380 为二棱皮大麦,半冬性,分蘖多且成穗率高,株高约 80 cm,穗层整齐,耐渍性突出^[7]。鄂大麦 6 号为弱春性二棱啤用皮大麦,幼苗半直立,叶片细长,分蘖力强,茎秆粗壮,株高 75~80 cm,耐肥,抗倒性好,成穗率高,穗大粒多,穗层整齐,高抗大麦黄花叶病^[8]。鄂大麦 934 为二棱皮大麦,半冬偏春性,幼苗生长半匍匐,分蘖力强,株型较紧凑,产量突出,综合抗病和抗逆性强,抗赤霉病,中抗条纹病,高抗大麦黄花叶病^[9]。

1.2 选育过程

2005 年 4 月,以鄂大麦 6 号为母本、鄂大麦 934 为父本配制杂交组合,收获种子 40 粒。2006 年春,“鄂大麦 6 号/鄂大麦 934”杂交组合表现为苗期长势较两亲本优势强,表现为分蘖力强,株型紧

凑,株高适宜,成穗率高,穗大,熟相好。当年以鄂 32380 为母本,以“鄂大麦 6 号/鄂大麦 934”杂交植株为父本进行复交。2007 年夏,混收 F_1 种子。随后各世代根据育种目标,通过系谱法, F_2 — F_4 选择优穗混合脱粒, F_5 — F_8 在优系中筛选优株。2014 年夏收中,421038 株系表现突出,各单株混收,稳定出圃。2014—2015 年度株系 421038 参加湖北省农业科学院粮食作物研究所在武昌的品系鉴定试验,2015—2016 年参加湖北省农业科学院粮食作物研究所在武昌和襄阳 2 点的品系比较试验,产量稳居各参试品系首位,综合性状表现突出。2016—2018 年该株系参加湖北省大麦多点鉴定试验,产量均居参试品种第 1 位,由湖北省大麦多点鉴定试验主持单位建议登记。详细选育过程见表 1。

表 1 鄂饲麦 438 选育过程

年份	世代及选育过程
2005	配制杂交组合“鄂大麦 6 号 × 鄂大麦 934”
2006	以鄂 32380 为母本,以“鄂大麦 6 号 × 鄂大麦 934”花粉进行复交
2007	F_1 混收
2007—2014	F_2 — F_8 ,采用系谱法进行单株选择,株系 421038 表现突出
2014—2015	株系 421038 参加品系鉴定试验
2015—2016	品系比较试验
2016—2018	湖北省多点联合鉴定,2 年度籽粒平均产量为 384.86 kg/667 m ² ,比 CK 增产 8.71%,居 2 年完成区域试验品种第 1 位
2020—2022	湖北省青贮大麦多点联合鉴定,2 年度饲草鲜质量 4 359.40 kg/667 m ² ,比 CK 增产 9.85%;干质量 975.90 kg/667 m ² ,比 CK 增产 9.97%

2 鄂饲麦 438 特征特性

2.1 农艺和产量性状

鄂饲麦 438 为二棱皮大麦,半冬偏春性,幼苗生长半匍匐,分蘖力强、成穗率高,穗层整齐,熟相好。该品种平均全生育期 173.7 d,比 CK 华大麦 9 号晚熟 1.7 d;株高 81.10 cm,穗数 39.53 万个/667 m²,穗粒数 24.00 粒/穗,千粒质量 41.62 g。

2.2 产量

2020—2022 年鄂饲麦 438 参加湖北省青贮大麦多点鉴定试验,经测产,乳熟期鄂饲麦 438 饲草鲜质量 2 年度平均为 4 359.40 kg/667 m²,比对照华大麦 9 号增产 9.85%;饲草干质量为 975.90 kg/667 m²,比对照华大麦 9 号增产 9.97%(表 2)。

根据 2016—2018 年湖北省大麦多点鉴定试验结果,鄂饲麦 438 2 年度籽粒产量为 384.86 kg/667 m²,

比对照华大麦 9 号增产 8.71%,居各试验品种第 1 位(表 2)。

2.3 抗性

经中国农业科学院植物保护研究所接种鉴定,鄂饲麦 438 表现为中抗条纹病,高抗黄矮病,中感白粉病、赤霉病和黄花叶病。经多年自然条件下的病害观察结果发现,鄂饲麦 438 叶枯病、赤霉病、条纹病、白粉病均未发生,且该品种抗倒性突出,综合抗病抗逆性强。

2.4 品质

2020 年,经唐山科博兰谷饲料检测技术服务有限公司检测:鄂饲麦 438 乳熟期植株粗蛋白(绝对干物质)含量(质量分数,下同)9.4%,中性洗涤纤维含量 55.9%,酸性洗涤纤维含量 33.6%,灰分含量 9.92%,钙含量 0.24%,总磷含量 0.27%。2024 年,经中国农业大学饲料分析测试中心检测:鄂饲麦 438

成熟籽粒中粗灰分含量 2.37%，粗蛋白含量 12.13%，粗脂肪含量 1.3%，淀粉含量 52.85%，赖氨酸含量 0.44%， β -葡聚糖含量 6.92%。

表 2 鄂饲麦 438 在湖北省多点鉴定试验中产量表现

	饲草鲜质量			饲草干质量			籽粒产量		
	鄂饲麦 438/ (kg/667 m ²)	华大麦 9 号/ (kg/667 m ²)	比对 照增 /%	鄂饲麦 438/ (kg/667 m ²)	华大麦 9 号/ (kg/667 m ²)	比对 照增 /%	鄂饲麦 438/ (kg/667 m ²)	华大麦 9 号/ (kg/667 m ²)	比对 照增 /%
第 1 年	4 160.55	3 746.95	11.04	1 040.14	936.74	11.04	410.00	366.39	11.90
第 2 年	4 558.24	4 190.21	8.78	911.65	838.04	8.78	359.71	341.63	5.29
平均	4 359.40	3 968.58	9.85	975.90	887.39	9.97	384.86	354.01	8.71

注:籽粒产量为 2016—2018 年测产结果,饲草干、鲜质量为 2020—2022 年测产结果。

3 鄂饲麦 438 栽培技术要点

根据湖北省生态和气候条件以及鄂饲麦 438 的品种表现及栽培试验等相关结果,归纳该品种的栽培技术要点如下^[10-12]。

3.1 播期

鄂饲麦 438 为半冬偏春性,播期弹性较大,但不宜早播,荆门、随州、襄阳和十堰等湖北省北部麦区宜在 10 月 25 日至 11 月 5 日播种,黄冈、天门、仙桃、荆州等湖北省东南麦区和江汉平原麦区宜在 10 月 28 日至 11 月 15 日期间播种。

3.2 种子处理

选择鄂饲麦 438 正规生产的种子,有条件的可以用噻虫嗪、咯菌腈、苯醚甲环唑等悬浮种衣剂进行拌种,降低病虫害发生风险^[13]。

3.3 播量

综合考虑播期、茬口、天气、肥力水平等各项因素,为保证足够的群体和穗数,中高肥力田块播量一般为 10 kg/667 m² 左右,低肥力田块和稻茬田可适当增加到 11~12 kg/667 m²,从而保障 16 万株 /667 m² 左右的基本苗。

3.4 施肥

中等地力水平下,底肥一般施用复合肥 [纯氮(N)、磷(P₂O₅)和钾(K₂O)含量均为 15%]40 kg/667 m²,苗期根据叶色、长势追施尿素,长势一般或弱苗补 3~5 kg/667 m²,拔节肥追施尿素 3~5 kg/667 m²。

3.5 促控结合

由于鄂饲麦 438 分蘖成穗能力较强,穗子较大,可在起身和拔节前期喷施多效唑、硅肥等,控上促下,防倒防衰。灌浆期喷施氨基酸类、芸苔素内酯、磷酸二氢钾等叶面肥,实现增粒增重。

3.6 三沟配套

根据田块条件,特别是在稻茬田中,机械开沟,确

保三沟配套,并根据天气情况及时进行清沟排渍。

3.7 病虫害防控

鄂饲麦 438 田间综合抗病性较好,根据当年天气情况,江汉平原和鄂东南麦区要注意防治赤霉病,常年种植区注意防治条纹病。此外,还要及时进行蚜虫等害虫和杂草防治。

3.8 适时收获

鄂饲麦 438 作为青贮饲料原料时,收获于乳熟末期至蜡熟初期,植株含水量为 65%~70%时收获,及时切碎、压实、密封入窖或打包,发酵后制成青贮饲料^[14]。收获籽粒时,人工收获在蜡熟末期进行,机械收获在完熟期进行。注意适时收获,防止淋雨导致穗发芽或者霉变。收获后及时脱粒整净、晒干、入库,提高商品性。

参考文献:

- [1] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于促进畜牧业高质量发展的意见(国办发〔2020〕31号)[EB/OL]. (2020-09-27)[2025-04-21]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-09/27/content_5547612.htm.
- [2] 农业农村部.《“十四五”全国粮草产业发展规划》(农牧发〔2022〕7号)[EB/OL]. (2022-02-25)[2025-04-21]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202202/20220225_638975.htm.
- [3] 臧慧,沈会权,张英虎,等.青贮大麦新品种盐麦 7 号的选育及高产栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2022,39(6):67-70.
- [4] 国家大麦青稞产业技术体系. 中国现代农业产业可持续发展战略研究(大麦青稞分册)[M]. 北京:中国农业出版社,2018:7.
- [5] 张云影,苏斯瑶,刘臣,等.青贮大麦饲喂育肥鹅的效果[J]. 中国畜牧兽医文摘,2017,33(11):215.
- [6] 秦丹丹,李梅芳,许甫超,等.鄂大麦 256 的选育及其特征特性[J]. 湖北农业科学,2018,57(24):39-40,56.
- [7] 葛双桃,李梅芳,许甫超,等.密肥调控对啤酒大麦鄂 32380 产量及其构成因素的影响[J]. 湖北农业科学,2008,47(11):

- 1254–1257.
- [8] 秦盈卜,郭瑞星,王家才,等. 鄂大麦 6 号选育与高产栽培技术[J]. 湖北农业科学,1998,37(2):23–26.
- [9] 董 静,李梅芳,葛双桃,等. 鄂大麦 934 的选育及其特征特性[J]. 大麦与谷类科学,2013,30(4):16–18.
- [10] 李梅芳,董 静,许甫超,等. 高产多抗广适大麦新品种鄂大麦 072 的选育及应用[J]. 大麦与谷类科学,2015,32(4):27–29.
- [11] 李梅芳,董 静,许甫超,等. 花培大麦新品种鄂单 303 的选育及其特征特性[J]. 湖北农业科学,2017,56(24):4721–4723.
- [12] 董 静,许甫超,秦丹丹,等. 鄂大麦 960 的选育及其特征特性[J]. 大麦与谷类科学,2016,33(4):75–77.
- [13] 赵加涛,刘猛道,杨向红,等. 高产优质啤酒大麦新品种保大麦 22 号的选育及栽培技术[J]. 农业科技通讯,2019(11):294–296.
- [14] 赵 斌,王 瑞,季昌好,等. 粮草双高型大麦新品种皖饲麦 3 号的选育及栽培技术[J]. 大麦与谷类科学,2024,41(4):76–79.

Breeding and Cultivation Techniques of New Silage Barley Variety Esimai 438

QIN Dandan¹, WU Bo², LI Qin³, LIU Hong³, XU Fuchao¹, XU Qing¹, PENG Yanchun¹, SUN Longqing¹,
FU Dalong¹, DONG Jing¹

(1. Institute of Food Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Crop Molecular Breeding, Ministry of Agriculture and Rural Affairs / Hubei Key Laboratory of Food Crop Germplasm and Genetic Improvement, Wuhan 430064, China; 2. Hubei Huichuzhi Biological Technology Co., Ltd., Wuhan 430064, China; 3. Hubei Tenglong Seed Industry Co., Ltd., Xiangyang 441100, China)

Abstract: Esimai 438 is a new silage barley variety developed by Institute of Food Crops of Hubei Academy of Agricultural Sciences through targeted pedigree selection from the cross “E 32380//Edamai No.6//Edamai 934”. Esimai 438 is a spring-type two-row barley variety with strong stem, strong tillering ability, high spike formation rate, strong comprehensive stress resistance and outstanding resistance to lodging. According to the multi-point joint evaluation trial of barley of Hubei Province from 2016 to 2018, the average grain yield of Esimai 438 was 384.86 kg/667 m² in the two years, which was 8.71% higher than that of the variety HuaDamai No.9 (CK). The average total growth period of Esimai 438 was 173.7 days, which was 1.7 days later than that of CK. The plant height was 81.10 cm, the number of spikes was 395 300 per 667 m², the number of grains per spike was 24.00, and the thousand-grain weight was 41.62 g; the protein content of the grains (mass fraction) was 12.13%, the starch content was 52.85%, the lysine content was 0.44%, and the β -glucan content was 6.92%. According to the multi-point joint evaluation trial of silage barley of Hubei Province from 2020 to 2022, the dry matter yield of Esimai 438 was 975.90 kg/667 m², which was 9.97% higher than that of the CK. To fully utilize Esimai 438 in barley silage production in Hubei Province and adjacent areas, the present article provides a detailed introduction to the parental characteristics, breeding process, characteristics and high-yield cultivation techniques of this variety, with the aim of providing technical support for its large-scale application in production.

Key Words: Silage barley; Esimai 438; Characteristics; Cultivation techniques

(上接第 74 页)

Breeding and Characteristics of New Early-maturing and High-yield Late Geng Rice Variety Changnonggeng No.2

HU Hui¹, SUN Mingruo², ZHAO Mingzhuo², MEN Ruilong², TIAN Yu³, XU Junying², YANG Longwei²,
LIU Haiyang², QIU Xianjin²

[1. College of Arts and Sciences, Yangtze University, Jingzhou 434020, China; 2. Engineering Research Center of Ecology and Agricultural Use of Wetland, Ministry of Education / Key Laboratory of Green and Efficient Crop Production in the Middle Reaches of the Yangtze River (Co-Construction by Ministry and Province), Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yangtze University, Jingzhou 434025, China; 3. Yichang Academy of Agricultural Sciences, Yichang 443004, China]

Abstract: To provide excellent geng rice varieties for the late rice planting areas in Hubei Province, Yangtze University, in collaboration with the Institute of Crop Science of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, took the self-bred variety Changnonggeng No.1 as the recipient parent and the early-maturing rice blast-resistant germplasm resource VE6219 as the donor parent to breed the new early-maturing and high-yield late geng rice variety Changnonggeng No.2 by the pedigree method. The whole growth period of this variety is 7.2 days earlier than that of the control Ewan 17, and the yield is 8.20% higher than that of Ewan 17, showing the characteristics of early maturity and high yield. The variety was approved by Hubei Province in 2022, with the approval number of Eshendao 20220036, which is suitable for planting as late rice in the rice blast-free areas or light disease areas of the double-cropping rice areas in Hubei Province. This paper introduces the breeding process, characteristics and key cultivation techniques of Changnonggeng No.2, in order to provide technical support for the promotion of Changnonggeng No.2.

Key Words: Early maturity and high yield; Changnonggeng No.2; Breeding; Characteristics; Cultivation technique

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。国内外公开发行人, 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://dmkx.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

《大麦与谷类科学》杂志编辑部主要工作人员变更启事

根据《出版管理条例》《期刊出版管理规定》《大麦与谷类科学》编辑部章程以及国家新闻出版署《关于进一步规范期刊经营合作活动的通知》等文件精神, 同时因主办单位人事变动和工作需要, 本刊主办单位决定对《大麦与谷类科学》杂志编辑部主要工作人员调整如下:

主 编: 周汝琴

常务副主编: 吴 春

副主编: 郭刚刚(中国农业科学院)

张国平(浙江大学)

许如根(扬州大学)

高德荣(江苏里下河地区农业科学研究所)

乔海龙

沈会权

朱国永

梅 焱

刘兴华(兼任编辑部主任)

《大麦与谷类科学》杂志编辑部

2025 年 8 月 26 日

《大麦与谷类科学》广告简则

《大麦与谷类科学》杂志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技术性期刊,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、燕麦等禾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、品种介绍、现代大农业、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开发的科技人员、农技推广与农业管理人员、农业企业与农场专业技术人员以及农业大中专院校师生等。本刊国内外公开发行人,中国标准连续出版物号:CN32-1769/S(国内),ISSN 1673-6486(国际)。本刊长期开展广告业务,四封及插页均可刊登广告,欢迎来电来函商洽。

广告范围:农作物品种、农作物育种技术、种植技术、农药、化肥、农用激素、农业机械、农业图书资料、农业加工品及副产品等。

广告要求:广告内容必须真实可信,客户应对所宣传的产品质量负责,符合《中华人民共和国广告法》要求。客户须附上《营业执照》和产品技术鉴定证书的复印件,其中《营业执照》复印件必须加盖相应市场监管部门的专用红章。使用商标、标明获奖和获得专利的广告,应用注册商标、颁奖部门及专利局的证书复印件,专利产品应注明专利号。经营肥料、农药、种子的广告,须持有省级主管部门出具的合法有效证明。本刊对广告内容有提出质疑及与客户商榷的权限,泄露国家机密的广告不予刊登。

广告收费:本刊 2025 年每期封面封底暂不接受广告,封二 4500 元,封三 3500 元,彩色整版插页 2500 元;正文刊登广告插页,整版 1200 元,半版 600 元,名片大小 300 元。本刊对连续刊登同一企业、单位及个人的广告在 2 次以上者,酌情优惠。

广告贴士:广告费须在广告刊出前一次付清,否则不予刊登。广告刊出后,按期寄送样刊 3 册。超过 3 册的,可来函或致电提出,本刊将酌情赠送。

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://dmkx.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:协作费或技术服务费