

琦明玉,张立媛,李志光,等. 40 份藜麦种质资源的农艺性状遗传多样性分析与评价[J]. 江苏农业科学,2025,53(1):73-78.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.01.011

# 40 份藜麦种质资源的农艺性状遗传多样性分析与评价

琦明玉<sup>1</sup>, 张立媛<sup>1</sup>, 李志光<sup>1</sup>, 孙 颖<sup>2</sup>, 李国栋<sup>3</sup>, 温雅辉<sup>1</sup>, 赵 敏<sup>1</sup>

(1. 赤峰市农牧科学研究所, 内蒙古赤峰 024031; 2. 乌兰察布市农林科学研究所, 内蒙古乌兰察布 012200;

3. 锡林郭勒盟农牧业科学研究所, 内蒙古锡林郭勒盟 027000)

**摘要:**为了综合评价藜麦种质资源农艺性状的遗传多样性,为藜麦种质资源筛选及品种选育提供理论依据,对收集的 40 份藜麦种质资源的 15 个农艺性状进行多样性指数分析,并对其中 7 个数量性状进行相关性分析、主成分分析、聚类分析及方差分析。结果表明,质量性状中花序色遗传多样性指数最高,为 1.66,花序形状最低,为 0.59;数量性状中穗长的遗传多样性指数最高,为 2.04,生育期最低,为 1.79。相关性分析结果表明,株高与穗长、茎粗,穗长与茎粗呈极显著正相关;株高与千粒重呈显著正相关;在非适应范围内,生育期与产量呈显著负相关。通过主成分分析将 7 个数量性状指标简化为 3 个主成分,累计遗传贡献率为 71.854 6%,包含 40 份种质资源的大多数遗传信息。通过聚类分析将 40 份藜麦种质资源归为 4 大类群,主要区别体现在株型、产量表现上。综上所述,藜麦种质资源的表型性状变异较大,遗传多样性非常丰富。藜麦种质资源的鉴定、分类工作相对复杂,需要进一步明确资源来源,规范资源分类和命名。

**关键词:**藜麦;种质资源;农艺性状;遗传多样性;综合评价

**中图分类号:**S519.037 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)01-0073-05

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.)是苋科藜亚科藜属一年生草本植物,原产于安第斯山脉地区,主要分布于南美洲的玻利维亚、厄瓜多尔和秘鲁等地,具有较强的耐盐碱性、抗旱性和抗冻性,并对不良气候条件具有持久适应能力,成为各种不良非生物因素限制条件下进行粮食作物生产的最好作物<sup>[1-3]</sup>。此外,藜麦的营养和食用价值超过多数人们日常食用的粮食谷物,被国际营养学家们称为丢失的远古“营养黄金”“超级谷物”“未来食品”,是未来最具潜力的农作物之一<sup>[4-5]</sup>。我国藜麦品种资源的引进试种最早追溯至 20 世纪 80—90 年代的西藏地区,近年来国内其他地区开始广泛引入<sup>[6]</sup>。内蒙古赤峰市属于典型的干旱山坡丘陵地貌,适宜种植耐寒、耐旱、耐瘠薄、耐盐碱的各类杂粮杂豆,藜麦因其经济附加值高、产业发展潜力巨大而成为炙手可热的新型作物。但是,目前赤峰市种植的藜麦品种主要是从山西、甘肃及河北地区引进,其产量和抗性表现还不理想,缺少适应当地生态区的品种

资源。同时,由于藜麦具有较高的光温敏感性,在不同地方种植的藜麦的农艺性状表现差异较大,因此加大藜麦种质资源的引进、鉴定、筛选及综合评价工作显得尤为重要。本研究拟对引进的 40 份藜麦种植资源进行系统的遗传多样性分析并开展综合评价,以期筛选适合赤峰地区的藜麦种质资源,为育种研究提供储备,并为相关研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

收集引进自山西、河北、甘肃、青海及内蒙古等地区的藜麦种质资源 40 份,具体见表 1。

### 1.2 试验设计

试验于 2023 年在赤峰市农牧科学研究所城子试验基地(内蒙古赤峰市松山区城子乡)实施,采用随机区组排列,共 3 次重复,行长为 8 m,行距 0.45 m,种植 6 行。试验地为水浇地,前茬作为玉米,用机器开垄,人工条播,田间管理同大田管理。

### 1.3 测定指标

2023 年对参试材料进行相关指标的测定,具体参照《藜麦种质资源描述规范和数据标准》<sup>[7]</sup>。出苗期记载子叶颜色、心叶叶色;灌浆期至成熟期观察并记录花序色、花序形状、茎色和花序性;成熟期

收稿日期:2024-03-04

基金项目:内蒙古自治区燕麦藜麦现代农牧业产业技术体系项目。

作者简介:琦明玉(1985—),女,内蒙古锡林郭勒盟人,硕士,副研究员,主要从事藜麦、糜黍遗传育种与高产栽培技术相关研究。

E-mail:qimingyu006@126.com。

每个小区随机选取 10 株,测量株高、穗长、冠幅及茎粗;收获脱粒后测量千粒重,记载籽粒光泽和籽粒色;全区收获测实产并计算单位面积产量;记录出苗至成熟期,计算全生育期。

表 1 藜麦种质资源清单

编号	名称	来源	编号	名称	来源
1	德岭山彩藜麦	内蒙古	21	藜麦(GS-4)	甘肃
2	德岭山白藜麦	内蒙古	22	灰条菜	甘肃
3	藜麦(SX-1)	山西	23	灰藜麦	甘肃
4	藜麦(SX-2)	山西	24	白藜麦	辽宁
5	藜麦(SX-3)	山西	25	黑藜麦-2	甘肃
6	藜麦(SX-4)	山西	26	红藜麦	辽宁
7	藜麦(SX-5)	山西	27	藜麦(HB-1)	河北
8	黑藜麦-1	未知	28	藜麦(HB-2)	河北
9	泽园藜麦	未知	29	藜麦(HB-3)	河北
10	大民屯红藜麦	辽宁	30	藜麦(石家庄)	河北石家庄
11	格尔木红藜	青海	31	毛薯	未知
12	格尔木黑藜	青海	32	藜麦-1	内蒙古
13	格尔木格藜	青海	33	张北黄藜 9 号	河北张家口
14	格尔木雪藜	青海	34	张北黄藜 10 号	河北张家口
15	大白藜	青海	35	藜麦-2	西藏
16	柴达木黑藜	青海	36	沙湾藜麦	西藏
17	青藜	青海	37	西藏藜麦	西藏
18	藜麦(GS-1)	甘肃	38	张北藜麦	河北张家口
19	藜麦(GS-2)	甘肃	39	张北黑藜	河北张家口
20	藜麦(GS-3)	甘肃	40	西藏尼木藜麦	西藏

1.4 数据分析

用 Excel 2010 进行数据整理、变异系数和多样性指数的计算;用数据处理系统(DPS)软件进行相关性分析、聚类分析、主成分分析、多重比较和标准差计算;聚类分析采用组间连接法,遗产距离为平方欧式距离。相关计算公式如下:

变异系数 = 标准差 / 平均值 × 100% ;

Shannon - Weiner 多样性指数( $H'$ ) =  $-\sum P_i \ln P_i^{[8]}$ 。

式中: $P_i$  为某一性状在第  $i$  个级别的个体占总个体数的比例。计算数量性状多样性指数时需要先进行分级,根据每个性状的平均观测值( $X$ )、标准差( $\sigma$ ),将其划分为 10 个等级(表 2),将每级相对占比用于计算  $H'^{[9]}$ 。

2 结果与分析

2.1 藜麦种植资源性状的变异及多样性分析

质量性状受环境的影响较小,属于品种资源的固有特征。对 40 份藜麦资源的质量性状遗传多样性指数进行分析可知,其主要质量性状的遗传多样

表 2 性状观测值的等级划分

等级	性状观测值
1	$X_1 < X - 2\sigma$
2	$X - 2\sigma \leq X_2 < X - 1.5\sigma$
3	$X - 1.5\sigma \leq X_3 < X - \sigma$
4	$X - \sigma \leq X_4 < X - 0.5\sigma$
5	$X - 0.5\sigma \leq X_5 < X$
6	$X \leq X_6 < X + 0.5\sigma$
7	$X + 0.5\sigma \leq X_7 < X + \sigma$
8	$X + \sigma \leq X_8 < X + 1.5\sigma$
9	$X + 1.5\sigma \leq X_9 < X + 2\sigma$
10	$X_{10} \geq X + 2\sigma$

性指数均较低,各种质资源间的差异较小,比较稳定。花序色遗传多样性指数最高,为 1.66,花序形状最低,为 0.59。遗传多样性指数的排序具体表现为花序色(1.66) > 籽粒色(1.26) > 茎色(1.22) > 花序性(0.90) > 心叶叶色(0.78) > 籽粒光泽(0.68) > 子叶颜色(0.66) > 花序形状(0.59)(表 3)。

表 3 主要质量性状的多样性分析结果

性状	类型	材料数 (份)	占比 (%)	遗传多样性 指数
子叶颜色	绿色	31	77.5	0.66
	浅紫	2	5.0	
	深紫	7	17.5	
心叶叶色	绿色	28	70.0	0.78
	浅紫	3	7.5	
	深紫	9	22.5	
茎色	绿色	18	45.0	1.22
	黄色	13	32.5	
	紫色	4	10.0	
	紫斑	5	12.5	
	黄绿色	11	27.5	
花序色	白绿色	3	7.5	1.66
	绿色	12	30.0	
	黄	4	10.0	
	浅紫	4	10.0	
	深紫	6	15.0	
花序形状	短锥形	29	72.5	0.59
	长锥形	11	27.5	
花序性	紧凑圆锥花序	18	45.0	0.90
	松散圆锥花序	19	47.5	
	团伞状花序	3	7.5	
籽粒光泽	有	17	42.5	0.68
	无	23	57.5	
籽粒色	白	18	45.0	1.26
	黑	14	35.0	
	褐	2	5.0	
	红	4	10.0	
	粉	2	5.0	

数量性状通常是多个微效基因的效应累加的结果,表达易受环境影响,对 40 份藜麦资源的数量性状的遗传多样性指数进行分析可知,其遗传多样性指数均较高,表明其遗传基础较广,改良潜力较大。其中,穗长的遗传多样性指数最高,为 2.04,生育期最低,为 1.79。遗传多样性指数的排序表现为

穗长(2.04) > 株高(2.00) > 产量(1.94) > 茎粗(1.93) > 千粒重(1.88) > 冠幅(1.82) > 生育期(1.79)(表 4)。此外,产量的变异系数较大,说明不同种质资源在不同环境下的产量结果差异较为明显,也证明其光温敏感性较大。

表 4 主要数量性状多样性分析

项目	生育期 (d)	株高 (cm)	穗长 (cm)	冠幅 (cm)	千粒重 (g)	茎粗 (cm)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
最大值	125.00	220.40	62.20	100.90	3.10	2.51	4 959.00
最小值	104.00	155.10	23.30	41.10	1.32	1.46	1 020.00
平均值	115.00	186.60	43.40	75.20	2.10	1.92	2 532.00
标准差	6.63	14.39	8.83	17.73	0.34	0.23	1 117.80
变异系数(%)	5.77	7.71	20.35	23.58	16.19	11.98	44.15
遗传多样性指数	1.79	2.00	2.04	1.82	1.88	1.93	1.94

2.2 藜麦种植资源数量性状的相关性分析

对 40 份藜麦质种质资源的 7 个数量性状进行相关性分析,发现不同性状间的相关性存在差异。其中株高与穗长、株高与茎粗、穗长与茎粗这 3 组农艺性状呈极显著正相关;株高与千粒重呈显著正相

关;生育期与产量呈显著负相关(表 5)。上述结果说明,藜麦地上部生物量的各项指标之间均表现为正向影响,植株越高大,其穗部越长,茎粗也越粗。当超过当地最适生育期的范围后,生育期过长,藜麦会表现出徒长现象,从而影响后续灌浆成熟。

表 5 数量性状的相关性分析结果

性状	相关系数						
	生育期	株高	穗长	冠幅	千粒重	茎粗	产量
生育期	1.00						
株高	0.12	1.00					
穗长	0.17	0.80 **	1.00				
冠幅	0.17	-0.09	-0.09	1.00			
千粒重	0.03	0.36 *	0.27	-0.06	1.00		
茎粗	0.14	0.71 **	0.54 **	-0.06	-0.01	1.00	
产量	-0.32 *	0.23	0.15	-0.10	0.23	0.23	1.00

注: \*、\*\* 分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

2.3 藜麦种植资源数量性状的主成分分析

对藜麦种质资源的 7 个数量性状进行主成分分析。由表 6 可知,藜麦各性状中前 3 个主成分的特征值均大于 1,说明这 3 个主成分在藜麦各性状中包含了绝大部分遗传信息,累计贡献率为 71.854 6%,并分别计算前 3 个主成分的权重 = 贡献率/71.854 6%。分析可知,第 1 主成分的特征值为 2.596 9,贡献率为 37.098 3%,其中载荷量大且数值为正的是株高、穗长、茎粗、千粒重、产量和生育期,可以认为是产量和株型因子。第 2 主成分的特征值为 1.428 5,贡献率为 20.407 8%,其中载荷量大且数值为正的是生育期、冠幅、穗长、茎粗和株

高,可以认为是主要株型因子。第 3 主成分特征值为 1.004 4,贡献率为 14.348 5%,其中载荷量大且数值为正的是千粒重、冠幅、生育期和产量,可以认为是主要产量因子。将 40 份藜麦资源的各项性状带入主成分因子得分中,算出各品种的主成分得分(S),相关计算公式如下:

第 1 主成分得分: $S_1 = 0.092\ 9X_1 + 0.585\ 9X_2 + 0.536\ 8X_3 - 0.094\ 9X_4 + 0.256\ 6X_5 + 0.484\ 4X_6 + 0.224\ 6X_7$ ;

第 2 主成分得分: $S_2 = 0.676\ 3X_1 + 0.057\ 8X_2 + 0.117\ 0X_3 + 0.387\ 4X_4 - 0.183\ 3X_5 + 0.11X_6 - 0.574\ 3X_7$ ;

表 6 数量性状的主成分分析结果

项目	载荷						
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6	主成分 7
生育期( $X_1$ )	0.092 9	0.676 3	0.166 5	-0.201 8	0.667 9	0.124 2	-0.063 7
株高( $X_2$ )	0.585 9	0.057 8	-0.009 5	0.003 9	-0.196 0	-0.080 6	-0.780 0
穗长( $X_3$ )	0.536 8	0.117 0	-0.007 3	-0.074 9	-0.295 9	0.655 8	0.418 2
冠幅( $X_4$ )	-0.094 9	0.387 4	0.332 5	0.827 9	-0.211 7	0.004 7	0.010 2
千粒重( $X_5$ )	0.256 6	-0.183 3	0.825 1	-0.226 9	-0.039 2	-0.348 1	0.213 8
茎粗( $X_6$ )	0.484 4	0.110 0	-0.418 7	0.205 6	0.136 8	-0.594 0	0.405 2
产量( $X_7$ )	0.224 6	-0.574 3	0.074 3	0.417 8	0.602 3	0.272 2	-0.052 1
特征值	2.596 9	1.428 5	1.004 4	0.912 9	0.567 6	0.359 0	0.130 8
贡献率(%)	37.098 3	20.407 8	14.348 5	13.041 3	8.108 1	5.128 0	1.868 1
累计贡献率(%)	37.098 3	57.506 1	71.854 6	84.895 8	93.004 0	98.131 9	100.000 0
权重	0.516 3	0.284 0	0.199 7	—	—	—	—

第 3 主成分得分: $S_3 = 0.166 5X_1 - 0.009 5X_2 - 0.007 3X_3 + 0.332 5X_4 + 0.825 1X_5 - 0.418 7X_6 + 0.074 3X_7$ 。

利用 3 个主成分贡献率权重创建用于筛选优秀资源的评价指标:

$$S = 0.516 3S_1 + 0.284 0S_2 + 0.199 7S_3。$$

$S$  值越高,表明该资源在该地表现出的综合性状越好。

#### 2.4 藜麦种植资源的聚类分析

以欧氏距离为遗传距离,用最短距离法对 40 份藜麦品种资源的 7 个性状进行聚类分析。如图 1 所示,40 个藜麦资源可以聚为 4 大类,其中第 1 大类群的材料(25 份)有德岭山彩藜麦、德岭山白藜麦、藜麦(HB-1)、藜麦(SX-1)、灰藜麦、藜麦-2、藜麦(SX-3)、大白藜、西藏藜麦、藜麦(SX-5)、西藏尼木藜麦、黑藜麦-1、藜麦(GS-3)、红藜麦、灰条菜、藜麦(GS-1)、张北藜麦、格尔木雪藜、藜麦(GS-4)、张北黄藜 9 号、藜麦-1、张北黄藜 10 号、格尔木红藜、藜麦(GS-2)、藜麦(HB-2);第 2 大类群的材料(11 份)有藜麦(SX-2)、藜麦(HB-3)、藜麦(石家庄)、格尔木格藜、青藜、沙湾藜麦、张北黑藜麦、藜麦(SX-4)、格尔木黑藜、黑藜麦-2、柴达木黑藜;第 3 大类群的材料(1 份)有泽园藜麦;第 4 大类群的材料(3 份)有大民屯红藜麦、毛薯、白藜麦。

从表 7 可以看出,第 1 类群、第 2 类群和第 4 类群的藜麦资源在田间均表现出生育期长、植株高大、穗部长、茎秆粗壮的外部特征,但是第 4 类群藜麦资源较第 1 类群、第 2 类群的差异明显表现在冠幅小、穗部紧凑、千粒重大,在所有类别中的产量最

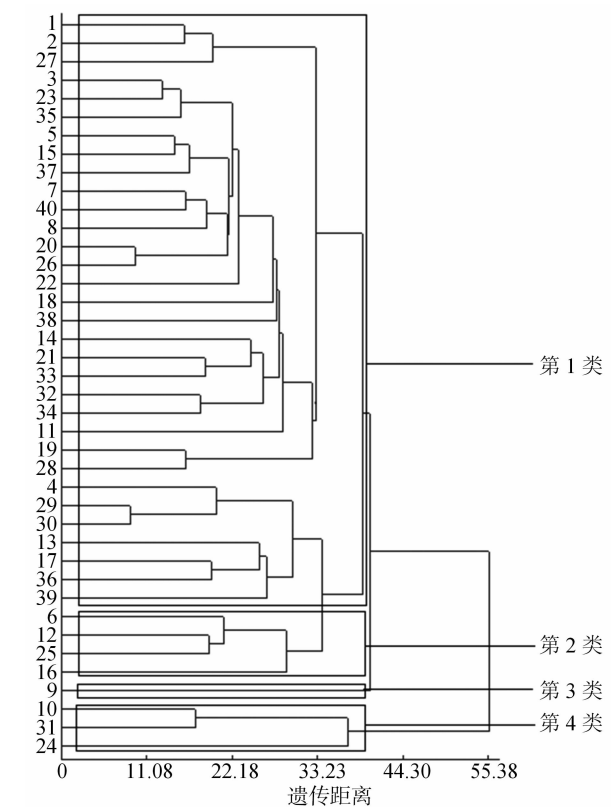


图1 藜麦种质资源聚类分析结果

高。第 1 类群和第 2 类群之间的差异较小,主要表现在穗长、千粒重和产量上,但在 4 个类群中均属于籽粒小、产量低的类群。第 3 类群藜麦资源较其他类型表现出生育期短、植株低、穗部短、冠幅大、穗部膨大、茎秆细的特点,产量居中。

#### 3 讨论

本研究中的 40 份藜麦种质资源的遗传变异性

表 7 4 个类群藜麦资源数量性状方差分析

类别	生育期 (d)	株高 (cm)	穗长 (cm)	冠幅 (cm)	千粒重 (g)	茎粗 (cm)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
第 1 类	116 ± 0.000 0a	184.1 ± 1.322 9b	42.6 ± 0.251 7b	74.9 ± 0.929 2b	2.09 ± 0.000 0c	1.87 ± 0.043 6b	1 798.5 ± 18.186 0d
第 2 类	117 ± 0.000 0a	190.0 ± 1.101 5b	45.5 ± 0.986 6a	79.6 ± 0.721 1b	2.04 ± 0.005 8d	2.02 ± 0.020 0a	3 453.0 ± 67.255 5c
第 3 类	104 ± 1.527 5c	165.0 ± 4.253 2c	30.4 ± 1.014 9c	96.3 ± 4.921 7a	2.23 ± 0.015 3b	1.51 ± 0.036 1c	4 353.0 ± 84.111 0b
第 4 类	108 ± 1.154 7b	202.1 ± 5.745 4a	47.0 ± 0.404 1a	55.0 ± 3.508 6c	2.40 ± 0.015 3a	2.11 ± 0.094 5a	4 858.5 ± 64.708 5a

注:同列数据后不同小写字母表示类别间差异显著( $P < 0.05$ )。

较大,8 个质量性状的多样性指数在 0.59 ~ 1.26 间,7 个数量性状的遗传多样性指数在 1.79 ~ 2.04 间。7 个数量性状中,除生育期、株高的变异系数低于 10.0% 外,其他性状的变异系数均较高,在 11.98% ~ 44.15% 之间,其中产量性状的变异系数最高,说明藜麦种质资源类型差异较大,表型丰富。在国外研究者之前的研究中,将藜麦资源分为海平面型、河谷类型、高原类型、盐滩类型以及高温潮湿地区类型<sup>[10]</sup>,其不同类型间在株型、产量上差异较大,也从侧面说明藜麦资源的丰富性。

相关系数测定 2 个甚至更多变量间的关联程度,得到的信息对于制定具有选择系数的定向选择非常有用。在本研究中,株高与穗长、株高与茎粗、穗长与茎粗这 3 组农艺性状相互之间呈极显著正相关,证明营养生长各项指标间具有正向影响。生育期与产量呈显著负相关,与大多数作物中营养生长与生殖生长之间的负向影响一致<sup>[11]</sup>。有研究表明,藜麦栽培种早熟性、株高、花絮长度、籽粒粒径等性状间没有相关性<sup>[12]</sup>。对 36 份收集自秘鲁与玻利维亚的藜麦材料进行相关性分析,发现株高、花序长度与籽粒产量存在显著的表型相关性<sup>[13]</sup>。不同研究的具体结论有差异,主要与材料的选择、性状考察标准有关。

主成分分析是通过线性变换将原始数据变换为一组各维度线性无关的表示,可用于提取数据的主要特征分量,常用于高维数据的降维,目前已被广泛应用于资源鉴定筛选和植物育种中<sup>[14]</sup>。在本研究中,前 3 个主成分的特征值均大于 1,说明这 3 个主成分在藜麦各性状中包含了绝大部分遗传信息,累计贡献率为 71.854 6%。对亚热带北印度生长的 251 份藜麦种植资源的 19 个性状进行评价发现,大部分变异由 4 个主要主成分引起<sup>[15]</sup>。

聚类分析指将物理或抽象对象的集合分组为由类似的对象组成的多个类的分析过程,是资源分类研究的重要手段之一<sup>[16]</sup>。本研究通过聚类分析,将 40 份藜麦种植资源分为 4 个大类群,第 1 类群、第 2 类群和第 4 类群的藜麦资源表观性状相似,产

量性状有差异。第 3 类群表观性状与其他 3 种类群完全相反。有研究将 111 份藜麦资源分成 6 个离散群体,将不同的产量性状表现和表型性状,组成不同的群体类型<sup>[17]</sup>。目前国内对于藜麦资源的聚类分析研究较少,因为藜麦种植资源大多国外引进,来源模糊,命名不科学,无法从地域环境、命名中得到规律性。此外,农艺性状虽然能够直观地展现物种表型性状,与植物本生的遗传信息密切相关,但是调查手段与人为测量偏差影响较大,使得聚类结果可能产生差异。因此还需进一步大量收集种质资源,扩大群体数量,进行进一步调查分类。

4 结论

本试验对 40 份藜麦种质资源资源的评价与筛选发现,藜麦种质资源的表型性状变异较大,遗传多样性较丰富,分类、筛选工作较为复杂,为今后藜麦种质资源的鉴定、筛选、利用提供了经验和参考依据,也为进一步开展藜麦育种提供了基础材料参数,还为规范藜麦资源分类命名提供了理论基础。

参考文献:

[1]李娜娜,丁汉凤,郝俊杰,等. 藜麦在中国的适应性种植及发展展望[J]. 中国农学通报,2017,33(10):31-36.  
[2]Abugoch James L E. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties [J]. Advances in Food and Nutrition Research,2009,58:1-31.  
[3]王黎明,马 宁,李 颂,等. 藜麦的营养价值及其应用前景[J]. 食品工业科技,2014,35(1):381-384,389.  
[4]魏爱春,杨修仕,么 杨,等. 藜麦营养成分及生物活性研究进展[J]. 食品科学,2015,36(15):272-276.  
[5]王 洁,周思璇,常诗洁,等. 不同品种藜麦营养与功能活性成分比较及应用[J]. 食品安全质量检测学报,2022,13(3):681-687.  
[6]刘锁荣,范文虎. 促进山西藜麦种植规模化及产业链形成的建议[J]. 山西农业科学,2011,39(7):767-769.  
[7]秦培友,崔宏亮,周帮伟,等. 藜麦种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2020:15-36.  
[8]雷 雄,游明鸿,白史旦,等. 川西北高原 50 份燕麦种质农艺性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 草业学报,2020,29(7):131-142.

周 露,于玉凤,徐定辉,等. 播期和种植方式对水稻稻米品质的影响[J]. 江苏农业科学,2025,53(1):78-85.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2025.01.012

# 播期和种植方式对水稻稻米品质的影响

周 露<sup>1</sup>,于玉凤<sup>1,2</sup>,徐定辉<sup>1</sup>,王 悦<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学农学院,湖南长沙 410128; 2. 湖南省慈利县农业农村局,湖南慈利 427200)

**摘要:**播期和种植方式是影响水稻稻米品质的重要因素,为了探究不同播期和种植方式对稻米品质的影响,以水稻品种隆科早 1 号和株两优 819 为试验材料,设置 S1(早稻季)、S2(中稻季)和 S3(晚稻季)3 个不同的播期,MT(机插)和 HT(手栽)2 种植方式,对不同水稻品种的加工品质、外观品质与食味品质进行比较分析。结果表明:不同播期对稻米品质影响较大,种植方式对稻米加工品质的影响较大,但对稻米外观品质和食味品质的影响较小。其中,以 S3 播期 MT 种植方式的稻米加工品质最佳,糙米率、精米率和整精米率分别达到 75%、70% 和 50% 以上。S3 播期 HT 种植方式的稻米外观品质最佳,隆科早 1 号的垩白粒率和垩白度分别低于 20% 和 8%。S3 播期 MT 种植方式的稻米食味品质最佳,隆科早 1 号的直链淀粉和蛋白质含量分别在 17% 和 10% 左右。对 8 个稻米品质指标进行相关性分析发现,播期对稻米品质具有极显著影响,种植方式对糙米率具有极显著影响。同时,垩白度与长宽比、垩白粒率呈显著或极显著相关。主成分分析发现,在第 1 主成分上垩白粒率和垩白度具有负向的贡献作用,在第 3 主成分上整精米率具有正向的贡献作用。综上所述,随着播期的推迟,稻米的加工品质和外观品质提升,以 S3 播期的稻米品质为最佳。种植方式对稻米的加工品质和外观品质影响较大。

**关键词:**水稻;播期;种植方式;稻米品质

**中图分类号:**S511.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2025)01-0078-08

水稻为中国超过 65% 的人口提供主要粮食,其品质的优劣直接关系到人们的食品安全与营养健康<sup>[1]</sup>。稻米品质主要包括加工、外观、蒸煮食用以及营养等品质<sup>[2]</sup>。稻米品质的形成既受到遗传基

因的内在控制,也与外部环境因素紧密相关。播种与移栽时间的适宜选择对于水稻品质具有决定性作用,恰当的播种时间能够优化温光资源的利用,从而与稻米品质形成正向关联<sup>[3]</sup>。有研究表明,播种时间的延后对稻米的加工品质与外观品质有提升作用,表现为糙米率、精米率和整精米率的增加,以及垩白粒率、垩白面积和垩白度的减少。但营养品质和蒸煮食味却因播种时间的推迟而呈现下降趋势<sup>[4]</sup>。环境因子与基因型的相互作用影响水稻品质的形成。不同的种植方式是影响水稻品质重要的农艺措施,霍中洋等用 3 种类型粳稻品种(早

收稿日期:2024-04-04

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD0301501、2023YFD2301404)。

作者简介:周 露(1999—),女,湖南娄底人,硕士研究生,主要从事水稻高产生理与机械化栽培研究。E-mail:zhoulu@stu.hunau.edu.cn。

通信作者:王 悦,博士,教授,主要从事水稻高产生理与机械化栽培研究。E-mail:wangyue@hunau.edu.cn。

[9]唐 凤,李 瑶,王永琪,等. 22 份野生披碱草属种质农艺性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 种子,2021,40(6):44-51.

[10]Wright K H,Pike O A,Fairbanks D J,et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds[J]. Journal of Food Science,2002,67(4):1383-1385.

[11]加依娜·吾永巴衣,胡文明,阿迪里·托乎尼亚孜,等. 基于质量和数量性状混合的高粱遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(2):73-76.

[12]王艳青,李春花,卢文洁,等. 135 份国外藜麦种质主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2018,19(5):887-894.

[13]Bhargava A,Shukla S,Ohri D. Genetic variability and interrelationship

among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Field Crops Research,2007,101(1):104-116.

[14]马朝喜,肖兴中,闫 姐,等. 基于主成分分析和聚类分析的草莓品种综合评价[J]. 种子,2023,42(10):77-82.

[15]刘 彬,赵雨露,杨鑫雷,等. 251 份藜麦种质资源遗传多样性及分子身份证构建[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(3):706-721.

[16]丁艺冰,陈喜明,张广峰,等. 205 份小扁豆种质农艺性状的遗传多样性分析[J]. 种子,2022,41(12):59-65.

[17]袁加红,刘正杰,吴慧琳,等. 111 份藜麦种质资源农艺性状分析[J]. 云南农业大学学报(自然科学),2020,35(4):572-580,650.