

# 甘南高寒区藜麦种质适应性评价

张学俭<sup>1</sup>, 刘文瑜<sup>2,3</sup>, 杨发荣<sup>1,2,3\*</sup>, 刘欢<sup>1</sup>, 黄杰<sup>2,3</sup>, 魏玉明<sup>2,3</sup>

(1. 甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院畜草与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 3. 甘肃省藜麦育种栽培技术及综合开发工程研究中心, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**【目的】探究供试品种在甘肃省甘南州高寒区的适应性表现, 筛选出甘南州高寒区最适藜麦品种, 为藜麦在本地区的科学种植和产业发展提供理论依据, 并为全国藜麦种植业发展提供科学支持。【方法】以13个藜麦引选品种为材料, 测定记录其物候期、农艺性状、产量指标、抗倒伏性和抗病性以及营养品质等指标, 应用聚类分析法以及隶属函数对这些品种进行分类和评价。【结果】13个藜麦材料均可以在甘肃省甘南州高寒区完成整个生育期, 但不同品种生育期、农艺性状及营养品质有所不同; 吉4和陇藜1号产量高, 千粒重高, 且其营养品质高, 因此可投入生产高产高品质原粮。观赏红藜虽产量偏低, 但具有观赏藜麦的特性, 可应用于观赏。【结论】综合各性状进行分析, 吉4生育期短(120 d)、产量高(2 108.1 kg/hm<sup>2</sup>)、千粒重高(4.01 g)且营养品质较好, 为甘南州高寒区最适品种, 可在该地区大面积推广。

**关键词:** 藜麦品种; 农艺性状; 营养品质; 种质筛选

**中图分类号:** S519 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2025)01-0061-10

**DOI:** 10.13817/j.cnki.cyycp.2025.01.008



藜麦(*Chenopodium quinoa*)为藜科藜属的一种一年生双子叶草本植物, 原产于南美洲安第斯山区的玻利维亚、秘鲁等国家<sup>[1-3]</sup>。由于藜麦具有较高的营养品质, 被联合国粮农组织(FAO)称为“唯一一种食物即可满足人体基本营养需求的单体植物”<sup>[4]</sup>。其蛋白质含量与牛肉相当, 品质也不亚于肉源蛋白。除此之外, 藜麦还含有丰富的矿物质, 氨基酸以及维生素等,

其高营养和高膳食纤维的特性决定了它对人体健康有着重要作用<sup>[5-6]</sup>。近年来, 人们对藜麦的认识逐渐深入<sup>[7-10]</sup>, 全国以山西<sup>[11]</sup>、青海<sup>[12]</sup>、甘肃<sup>[143]</sup>、内蒙古<sup>[14]</sup>为主的多个省份开始了藜麦的种植与研究, 种植面积逐年增大。甘肃省地处黄土高原, 山地和高原占总面积的70%以上, 土壤偏碱性, 贫瘠, 昼夜温差大, 藜麦在该地区较其它作物具有更强的适应性<sup>[15]</sup>。

20世纪80—90年代, 西藏农牧学院和西藏农科院开始藜麦引种试验研究, 包括生物学特性、生长发育特性以及抗性研究, 但并未大面积推广<sup>[16]</sup>。随着认识的深入及广泛种植, 研究人员发现藜麦具有丰富的遗传多样性<sup>[17]</sup>, 且来源于不同地区的藜麦种质遗传距离远, 遗传基础较广泛<sup>[9]</sup>, 加之我国藜麦种植区域差异较大, 因而适宜不同区域种植的藜麦品种有所不同。甘南地区地处青藏高原东北部, 是甘肃省重要的牛羊畜牧产业基地之一<sup>[18]</sup>。张建安<sup>[19]</sup>研究了7个藜麦供试品种在乌兰县的生长情况, 结果表明7个供试品种均能够较好地生长, 说明该地区适合藜麦的种植。王丽娜

**收稿日期:** 2024-01-08; **修回日期:** 2024-06-07

**基金资助:** 国家自然科学基金项目(31660357); 中央引导地方科技发展专项; 甘肃省科技支撑计划(21JR7RA730); 甘肃省农业科学院农业科技创新专项(2022GASS07); 甘肃省农业科学院重点研发计划(2020GAAS31); 甘肃省科技计划重大专项(2023ZD)

**作者简介:** 张学俭(1998-), 男, 甘肃天水人, 硕士研究生。  
E-mail: 1476588175@qq.com

\*通信作者。研究方向为作物抗病育种及高效栽培技术。E-mail: lzyfr08@163.com

等<sup>[20]</sup>通过对引种的15份藜麦种质资源进行分析,筛选出10份适合大庆地区盐碱地种植的种质资源,并选出了该地区主导种植品种。杨发荣<sup>[21]</sup>等在河西地区以2个藜麦品种为材料进行评价,筛选出了更适合该地区种植的品种。引进优质种质资源,筛选出适宜当地的藜麦品系是引种的主要任务<sup>[22]</sup>。因此,本研究以13个藜麦品种(系)为材料,测定记录其物候期、植株性状、经济性状、产量与抗性、品质性状等指标,并应用聚类分析法对其主要性状的相关性进行评价,以期筛选出适宜甘肃省甘南高寒区种植的品种,为藜麦在本地区的科学种植和产业发展提供理论依据,并为全国藜麦种植业发展提供科学支持。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验样地位于甘肃省甘南州临潭县新城镇,样地海拔为2 580 m,气候属高寒干旱区,2019年年均降水量432.5 mm,年均气温3.2℃,年日照时数2 314 h,年无霜期65 d,藜麦生育期内(4月15日至9月5日)雨天44 d,最大风力等级4级。试验地土壤基础肥力为全氮0.67 g/kg、全磷0.42 g/kg、全钾26.71 g/kg、速效氮54.26 mg/kg、速效磷15.26 mg/kg、速效钾157.36 mg/kg以及有机质10.58 g/kg,土壤pH值为6.78。

### 1.2 试验材料

供试材料为13个藜麦种质资源,种子基本情况见表1。

### 1.3 试验设计

试验各藜麦材料共设3次重复,采用随机区组试验设计,小区面积为6 m×3 m。播种方式为覆膜穴播,膜带宽120 cm,1带3行,膜间距宽35 cm,株距25 cm,行距30 cm,播种深2~3 cm,每亩保苗4 500株。

引种试验于2019年4—9月在甘南州临潭县新城镇丁家山村开展。3月15日整地、施肥、覆黑膜,每亩地一次性施入磷酸二铵50 kg;4月15日采用人工点播的方式播种,每个小区用种量20 g;5月30日人工除草并间定苗。

### 1.4 测定指标与方法

1.3.1 物候期观察 播种后对藜麦的出苗期、显穗期、花期、灌浆期及成熟期进行观察记录,间隔期为5

表1 13份藜麦材料基本情况

Table 1 Basic information of 13 quinoa materials

材料名称	来源	种子颜色	发芽率%	净度%
陇藜1号	甘肃省	灰白色	98	90
陇藜2号	甘肃省	灰白色	98	91
陇藜3号	甘肃省	橘色	95	90
陇藜4号	甘肃省	白色	95	90
吉1	吉尔吉斯斯坦	灰色	96	94
吉2	吉尔吉斯斯坦	灰白色	96	93
吉3	吉尔吉斯斯坦	灰白色	93	93
吉4	吉尔吉斯斯坦	白色	98	95
吉5	吉尔吉斯斯坦	灰白色	93	93
吉6	吉尔吉斯斯坦	灰白色	97	92
南非白藜	南非	白色	98	94
观赏红藜	甘肃省	红色	94	90
Q2	甘肃省	白色	95	93

d,当有20%植株达到某物候期特征时即为该物候期的初期,60%植株达到时为盛期,90%植株达到时为末期。

1.3.2 植株农艺性状 成熟时在每个小区内随机选取10株没有病虫害的藜麦植株,观察记录其幼苗色、成株色、穗色、株型并测量其株高、主穗长以及分支数。

1.3.3 产量指标 统计上述10株藜麦的主穗长度,待植株自然风干后,测定其千粒重、单株产量和每个小区的小区产量,折合为公顷产量。

1.3.4 成熟植株抗倒伏性及抗病性 在具有染病和倒伏的发生条件下,评估各品种的抗倒伏性和抗病性,病害为霜霉病。

倒伏率:于成熟期统计每份材料每个小区倒伏株数,计算倒伏率,重复3次,取平均值,倒伏分级标准见表2。

病情指数:分别于藜麦的幼苗期和灌浆期调查霜霉病和叶斑病,每个小区随机调查10株,自上而下调

表2 倒伏分级标准

Table 2 Criteria for grading inversions

级别	倒伏率
0	无倒伏
1	倒伏率(0~15%)
2	倒伏率(16%~45%)
3	倒伏率(>45%)

查全部叶片,参照表3记录各级病叶数和总叶数,病情指数=100×(各级病叶数×各级代表值)/(调查总叶数×最高级代表值)。

表3 病害分级标准

Table 3 Disease grading standard

级别	病斑面积占整个叶面积的百分比/%
	霜霉病
0	无病斑
1	<5
3	6~25
5	26~50
7	51~75
9	>76

1.3.5 籽粒品质 凯式定氮法测定粗蛋白、谷物籽粒粗纤维测定法测粗纤维、索氏抽提法测粗脂肪、酶水解法测定淀粉、蒽酮比色法测定可溶性糖、色谱法测定总皂苷。

### 1.5 数据整理与分析

采用 MicrosoftExcel 2010 对数据进行处理,以“平均值±标准误”表示。运用 SPSS22.0 对数据进行显著性差异分析,相关性分析以及系统聚类分析。采用隶属函数法对 13 个藜麦材料的 11 个性状进行综合评价,计算公式如下:

$$U(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (1)$$

$$U(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

式中:  $X_i$  表示第  $i$  个指标,  $X_{\max}$  表示所有品种第  $i$

个指标最大值,  $X_{\min}$  表示所有品种第  $i$  个指标最小值。如果所测指标与藜麦适应性呈正相关关系,用式(1);如果所测指标与藜麦适应性呈负相关关系,则用式(2)。然后对各指标的隶属函数值进行累加,计算平均值,得出综合评价指标值,综合评价指标值越大,说明该藜麦品种适应性越强;反之,说明该藜麦品种适应性越差。

## 2 结果与分析

### 2.1 物候期

不同藜麦品种的各时期均有所不同,出苗期最早的品种为陇藜3号和吉4,需要10d,其次为陇藜4号和南非白藜,需要11d(表4),陇藜1号、陇藜2号、吉3、吉6以及观赏红藜最晚,需要15d,较出苗最早品种晚5d。陇藜3号和吉4显穗期最早,为35d,观赏红藜和Q2需45d,陇藜1号最晚,需46d达到显穗期。开花期最早的是吉4和吉6,需56d,其次为陇藜3号和南非白藜,需58d达到开花期,陇藜1号、陇藜4号、吉1和Q2需要61d,陇藜2号最晚,需要64d达到开花期,较花期最早品种晚8d。灌浆期最早为吉4,需86d,其次为南非白藜,88d达到灌浆期,吉2和吉6最晚,需94d。整体生育期最长为观赏红藜,共140d,最短为吉4,共120d,由长到短依次为观赏红藜>Q2>陇藜2号=吉2>陇藜1号=吉1=吉3=吉5>吉6=南非白藜>陇藜3号=陇藜4号>吉4。

表4 不同藜麦材料主要物候期对比

Table 4 Comparison of main phenological periods of different quinoa materials

材料名称	物候期/月-日						生育期/d
	播种期	出苗	显穗	开花	灌浆	成熟	
陇藜1号	4-15	4-30	5-31	6-15	7-15	9-1	136
陇藜2号	4-15	4-30	5-30	6-18	7-14	9-2	137
陇藜3号	4-15	4-25	5-20	6-12	7-14	8-30	134
陇藜4号	4-15	4-26	5-25	6-15	7-13	8-30	134
吉1	4-15	4-28	5-28	6-15	7-14	9-1	136
吉2	4-15	4-29	5-28	6-16	7-18	9-2	137
吉3	4-15	4-30	5-29	6-14	7-16	9-1	136
吉4	4-15	4-25	5-20	6-10	7-10	8-25	120
吉5	4-15	4-29	5-25	6-13	7-15	9-1	136
吉6	4-15	4-30	5-24	6-10	7-18	8-30	135
南非白藜	4-15	4-26	5-25	6-12	7-12	8-30	135
观赏红藜	4-15	4-30	5-30	6-17	7-14	9-5	140
Q2	4-15	4-28	5-30	6-15	7-16	9-3	138

## 2.2 植株农艺性状

不同藜麦品种之间株高具有明显差异,吉1株高最高,与除陇藜1号、吉2、南非白藜以外的其它品种均呈显著性差异( $P<0.05$ )(表5)。陇藜1号、吉2、南非白藜与观赏红藜、陇藜3号、吉5、吉6、吉4以及Q2间存在显著差异( $P<0.05$ ),吉5、吉6与其他品种差异显著( $P<0.05$ ),吉4和Q2株高显著低于其余品种( $P<0.05$ )。主穗长最长的为南非白藜,长达67.0 cm,其次为观赏红藜,长达66.0 cm,二者与陇藜3号、吉6、陇藜1号、Q2、吉4呈显著差异( $P<0.05$ ),吉3与陇藜1号、Q2、吉4之间呈显著差异( $P<0.05$ ),吉3、吉1、陇藜4号、吉2、吉5、陇藜2号、陇藜3号、和吉6之间

无显著差异,吉4主穗长最短,为32.7 cm,与除Q2和陇藜1号之外的所有品种均呈显著差异( $P<0.05$ )。不同品种分支数有较大差异。吉3分支数最多,显著多于其它品种( $P<0.05$ ),其次为南非白藜、吉1和Q2,其分支数显著多于除吉3外的其他品种( $P<0.05$ ),陇藜1号、吉6、吉2、陇藜3号、观赏红藜、吉5之间无显著差异。陇藜2号无分支,显著少于其他品种( $P<0.05$ )。各品种幼苗色均为绿色,成株色除陇藜3号为红色外,其余品种均为绿色。不同品种的穗色与株型不同,陇藜3号、吉3以及观赏红藜的穗色为红色,其余品种穗色为绿色。陇藜2号、陇藜3号、吉2、吉4、吉5和吉6株型为紧凑型,其余品种株型为松散型。

表5 不同藜麦材料农艺性状对比

Table 5 Comparison of agronomic traits of different quinoa materials

材料名称	株高/cm	主穗长/cm	总分枝数	幼苗色	成株色	穗色	株型
陇藜1号	191.0±8.5 <sup>ab</sup>	44.6±0.5 <sup>cde</sup>	11.0±1.0 <sup>cde</sup>	绿色	绿色	绿色	分散型
陇藜2号	171.0±2.6 <sup>de</sup>	51.3±5.5 <sup>abcd</sup>	1.3±0.6 <sup>f</sup>	绿色	绿色	绿色	紧凑型
陇藜3号	162.3±10.0 <sup>e</sup>	49.6±7.6 <sup>bcd</sup>	8.0±3.0 <sup>de</sup>	绿色	红色	红色	紧凑型
陇藜4号	174.3±4.5 <sup>cde</sup>	59.3±9.3 <sup>abc</sup>	14.0±3.6 <sup>bc</sup>	绿色	绿色	绿色	分散型
吉1	196.6±7.6 <sup>a</sup>	60.0±11.1 <sup>abc</sup>	17.3±1.6 <sup>b</sup>	绿色	绿色	绿色	分散型
吉2	188.3±7.6 <sup>abc</sup>	53.0±3.6 <sup>abcd</sup>	8.0±3.6 <sup>de</sup>	绿色	绿色	绿色	紧凑型
吉3	177.0±14.0 <sup>bcd</sup>	61.7±6.8 <sup>ab</sup>	23.0±4.6 <sup>a</sup>	绿色	绿色	红色	分散型
吉4	113.6±5.5 <sup>g</sup>	32.7±2.5 <sup>e</sup>	13.0±3.6 <sup>bcd</sup>	绿色	绿色	绿色	紧凑型
吉5	137.5±10.6 <sup>f</sup>	52.7±7.4 <sup>abcd</sup>	7.3±4.0 <sup>e</sup>	绿色	绿色	绿色	紧凑型
吉6	132.5±9.2 <sup>f</sup>	49.0±6.6 <sup>bcd</sup>	9.7±2.1 <sup>cde</sup>	绿色	绿色	绿色	紧凑型
南非白藜	183.6±3.5 <sup>abcd</sup>	67.0±11.4 <sup>a</sup>	17.7±2.0 <sup>b</sup>	绿色	绿色	绿色	分散型
观赏红藜	167.0±5.3 <sup>e</sup>	66.0±15.7 <sup>a</sup>	7.7±3.2 <sup>de</sup>	绿色	绿色	红色	分散型
Q2	109.3±8.5 <sup>g</sup>	39.7±4.6 <sup>de</sup>	17.0±3.0 <sup>b</sup>	绿色	绿色	绿色	分散型

注:不同小写字母表示不同品种间显著性小于0.05,下同。

## 2.3 产量指标

除吉1与吉3、吉2与Q2、陇藜2号与吉5、吉6与陇藜3号及陇藜5之间无显著差异外,各品种之间均呈显著差异( $P<0.05$ )(表6),其中吉4千粒重最大,为4.01 g,其次为陇藜1号,千粒重为3.79 g,南非白藜千粒重最小,为2.33 g,将各品种按千粒重从大到小进行排序,最高的品种为陇藜3号,单株产量可达280.9 g/株,显著高于其他品种( $P<0.05$ ),其次为陇藜4号,再次为吉6,单株产量分别为265.0 g/株、250.1 g/株,吉2的单株产量最低,为163.1 g/株,显著低于其他品种( $P<0.05$ ),单株产量最高的品种较最低品种高出72.2%。不同品种每公顷产量差异大,产量最高的品

种为吉4,为2108.1 kg/hm<sup>2</sup>,显著高于其他品种( $P<0.05$ ),其次是吉5和陇藜1号,产量为1956.0 kg/hm<sup>2</sup>和1876.0 kg/hm<sup>2</sup>,产量最低的品种为吉6,产量仅为250.1 kg/hm<sup>2</sup>,与南非白藜、陇藜4号、Q2无显著差异。产量最高的品种较产量最低的品种高741.3%。

## 2.4 成熟植株抗倒伏性和抗病性

藜麦生长过程中,试验地发生大风和降雨,因此评估植株抗倒伏性和抗病性。陇藜1号、陇藜2号、陇藜3号、吉4和吉5倒伏率为0,其余品种出现倒伏但均不超过15%,为1级倒伏(表7)。吉1与吉6有病害发生,但病害等级仅为1级,其余品种均未染病。以倒伏等级和病害等级≤1为标准,各品种在本地区抗倒伏

表6 不同藜麦材料产量指标对比

Table 6 Comparison of yield indicators for different quinoa materials

材料名称	千粒重/g	单株产量/(g·株 <sup>-1</sup> )	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
陇藜1号	3.79±0.07 <sup>b</sup>	250.1±7.2 <sup>c</sup>	1875.0±4.0 <sup>b</sup>
陇藜2号	3.01±0.11 <sup>f</sup>	241.1±7.1 <sup>d</sup>	1479.0±14.3 <sup>c</sup>
陇藜3号	2.89±0.02 <sup>g</sup>	242.1±1.5 <sup>d</sup>	1528.0±46.3 <sup>c</sup>
陇藜4号	3.57±0.10 <sup>c</sup>	199.9±1.4 <sup>g</sup>	350.2±20.0 <sup>fg</sup>
吉1	3.44±0.10 <sup>d</sup>	218.7±1.4 <sup>e</sup>	603.6±35.1 <sup>e</sup>
吉2	3.12±0.02 <sup>e</sup>	210.6±8.0 <sup>f</sup>	490.2±36.1 <sup>ef</sup>
吉3	3.46±0.02 <sup>d</sup>	222.8±4.0 <sup>e</sup>	987.2±180.2 <sup>d</sup>
吉4	4.01±0.01 <sup>a</sup>	280.9±0.8 <sup>a</sup>	2108.0±21.4 <sup>a</sup>
吉5	2.95±0.05 <sup>fg</sup>	265.0±5.1 <sup>b</sup>	1956.0±11.3 <sup>b</sup>
吉6	2.86±0.02 <sup>g</sup>	133.1±1.2 <sup>i</sup>	250.1±70.0 <sup>g</sup>
南非白藜	2.33±0.02 <sup>h</sup>	148.4±1.2 <sup>h</sup>	253.5±15.3 <sup>g</sup>
观赏红藜	2.69±0.02 <sup>i</sup>	206.3±3.3 <sup>fg</sup>	473.6±220.2 <sup>ef</sup>
Q2	3.18±0.06 <sup>e</sup>	202.0±1.6 <sup>g</sup>	383.5±32.2 <sup>fg</sup>

性和抗病性良好,因此评价为各品种在该地区均抗倒伏以及抗病。

## 2.5 品质性状

13个品种中粗蛋白含量最高的为陇藜1号,显著高于吉2、吉5、陇藜4号、吉6和陇藜3号( $P<0.05$ ),陇藜3号粗蛋白含量最低,显著低于各品种( $P<0.05$ ),其次为吉6和陇藜4号,显著低于除陇藜3号、

吉5、吉1的其他各品种( $P<0.05$ )(表8)。粗纤维含量最高的品种为吉2,其次为陇藜2号和吉4,三者均大于2.00%,粗纤维含量最低的为吉6,其次为Q2、南非白藜和观赏红藜,四者纤维含量不足1.00%。不同品种间粗脂肪含量差异较大,其中观赏红藜粗脂肪含量最高,显著高于除陇藜2号、吉2以外的其他各品种( $P<0.05$ ),粗脂肪含量最低的为吉3,其次为吉1,均

表7 不同藜麦材料抗倒伏性和抗病性对比

Table 7 Comparison of different quinoa materials in terms of resistance to falls and diseases

材料名称	倒伏率/%	倒伏等级	抗倒伏性	病情指数	病害等级	抗病性
陇藜1号	0	0	抗倒伏	0	0	抗病
陇藜2号	0	0	抗倒伏	0	0	抗病
陇藜3号	0	0	抗倒伏	0	0	抗病
陇藜4号	12	1	抗倒伏	0	0	抗病
吉1	10	1	抗倒伏	3	1	抗病
吉2	12	1	抗倒伏	0	0	抗病
吉3	9	1	抗倒伏	0	0	抗病
吉4	0	0	抗倒伏	0	0	抗病
吉5	0	0	抗倒伏	0	0	抗病
吉6	14	1	抗倒伏	4	1	抗病
南非白藜	13	1	抗倒伏	0	0	抗病
观赏红藜	12	1	抗倒伏1	0	0	抗病
Q2	13	1	抗倒伏	0	0	抗病

显著低于其他各品种( $P<0.05$ ),不足5.00%。淀粉含量最高的为陇藜3号,显著高于其他各品种( $P<0.05$ ),淀粉含量最低的为陇藜1号,其次为南非白藜,均显著低于其他品种( $P<0.05$ )。可溶性糖含量最高的为南非白藜和吉2, ( $P<0.05$ ),二者显著高于其他品种( $P<0.05$ ),可溶性糖含量最低的品种为吉1,其次为吉5、陇藜4号和Q2,均显著低于其他品种( $P<0.05$ )。不同品种间总皂苷含量有较大差异,总皂苷含量最高的3个品种依次为观赏红藜、陇藜2号和南非白藜,显著高于其他各品种( $P<0.05$ ),总皂苷含量最低的品种为吉6,其次为吉4、陇藜4号和吉1,显著低于其他品种( $P<0.05$ )。

## 2.6 聚类分析

对13个藜麦品种的11个性状进行聚类分析(图1),分析方法为离差平方和法,以欧氏距离为遗传距离。在距离为5处将所有品种聚为3大类,其中第I类为陇藜4号、吉1、吉2、南非白藜、观赏红藜、Q2、吉6,大部分表现为主穗较长,低纤维,该类最明显的特征为产量低;第II类为吉3,表现为分支数多、主穗较长,千粒重较高,产量较低,低脂肪;第III类为陇藜2号、陇藜3号、陇藜1号、吉5、吉4,大部分表现为分支

数少、主穗较短,产量高。

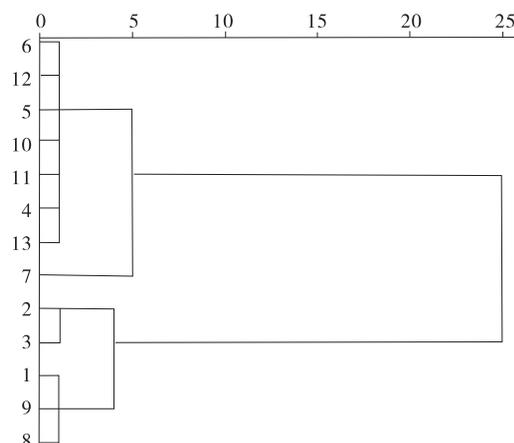


图1 不同藜麦材料聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of different quinoa materials

注:1 陇藜1号,2 陇藜2号,3 陇藜3号,4 陇藜4号,5 吉1,6 吉2,7 吉3,8 吉4,9 吉5,10 吉6,11 南非白藜,12 观赏红藜,13 Q2。

## 2.7 隶属函数分析

运用隶属函数对13个藜麦材料的11个性状进行综合评价(表9),排名第1的为吉4,随后为陇藜1号、陇藜2号、陇藜3号、吉3和吉5,这些品种均属于聚类分析中的第2组和第3组,排在7~12名的为吉2、陇藜4号、吉6、吉1、观赏红藜、南非白藜和Q2,均属于聚类分析中的第1组。

表8 不同藜麦材料主要品质性状对比

Table 8 Comparison of main quality traits of different quinoa materials

材料名称	粗蛋白/ (g·kg <sup>-1</sup> )	粗纤维/%	粗脂肪/%	淀粉/ (g·kg <sup>-1</sup> )	可溶性总糖/ (g·kg <sup>-1</sup> )	总皂苷/ (g·100g <sup>-1</sup> )
陇藜1号	199.75±0.50 <sup>a</sup>	1.98±0.22 <sup>c</sup>	5.84±0.05 <sup>efg</sup>	435.91±3.62 <sup>f</sup>	55.65±1.58 <sup>c</sup>	0.75±0.01 <sup>b</sup>
陇藜2号	197.47±2.47 <sup>a</sup>	2.12±0.30 <sup>ab</sup>	6.73±0.06 <sup>ab</sup>	476.22±15.36 <sup>de</sup>	54.12±0.81 <sup>cd</sup>	0.86±0.04 <sup>a</sup>
陇藜3号	176.83±2.01 <sup>e</sup>	1.83±0.24 <sup>d</sup>	5.91±0.02 <sup>defg</sup>	520.46±13.98 <sup>a</sup>	57.60±1.47 <sup>b</sup>	0.76±0.03 <sup>b</sup>
陇藜4号	183.71±0.83 <sup>d</sup>	1.64±0.06 <sup>e</sup>	6.06±0.06 <sup>cde</sup>	473.905.65±6.49 <sup>de</sup>	50.73±0.46 <sup>e</sup>	0.61±0.03 <sup>d</sup>
吉1	185.47±0.77 <sup>cd</sup>	1.60±0.28 <sup>e</sup>	4.60±0.02 <sup>h</sup>	506.78±7.52 <sup>ab</sup>	47.01±0.77 <sup>f</sup>	0.61±0.02 <sup>d</sup>
吉2	189.77±2.73 <sup>bc</sup>	2.16±0.06 <sup>a</sup>	6.41±0.10 <sup>abc</sup>	465.04±9.75 <sup>c</sup>	66.77±0.42 <sup>a</sup>	0.69±0.04 <sup>c</sup>
吉3	195.44±2.01 <sup>ab</sup>	1.87±0.32 <sup>d</sup>	4.42±0.04 <sup>h</sup>	470.89±6.21 <sup>de</sup>	58.74±1.45 <sup>b</sup>	0.74±0.01 <sup>bc</sup>
吉4	196.35±1.47 <sup>a</sup>	2.02±0.34 <sup>bc</sup>	6.00±0.08 <sup>cdef</sup>	486.69±9.24 <sup>cd</sup>	54.67±0.79 <sup>cd</sup>	0.59±0.01 <sup>d</sup>
吉5	184.27±4.12 <sup>cd</sup>	1.81±0.42 <sup>d</sup>	6.00±0.11 <sup>cdef</sup>	495.56±5.72 <sup>bc</sup>	50.72±0.64 <sup>e</sup>	0.73±0.04 <sup>bc</sup>
吉6	182.66±7.46 <sup>d</sup>	0.59±0.06 <sup>g</sup>	5.53±0.03 <sup>g</sup>	472.95±7.40 <sup>de</sup>	53.97±0.38 <sup>cd</sup>	0.53±0.02 <sup>e</sup>
南非白藜	195.31±2.97 <sup>ab</sup>	0.78±0.14 <sup>g</sup>	6.31±0.05 <sup>bcd</sup>	445.36±5.85 <sup>f</sup>	66.92±1.67 <sup>a</sup>	0.84±0.04 <sup>a</sup>
观赏红藜	197.89±5.28 <sup>a</sup>	0.83±0.02 <sup>f</sup>	6.82±0.06 <sup>a</sup>	466.12±10.61 <sup>e</sup>	53.20±1.14 <sup>d</sup>	0.87±0.03 <sup>a</sup>
Q2	196.09±0.85 <sup>a</sup>	0.64±0.19 <sup>g</sup>	5.56±0.03 <sup>g</sup>	477.97±11.39 <sup>def</sup>	51.20±0.60 <sup>e</sup>	0.78±0.03 <sup>b</sup>

表9 不同藜麦材料性状隶属函数分析

Table 9 Analysis of membership functions of different quinoa material traits

材料名称	PH	MSL	NB	W	Y	CP	C	CF	S	SS	TS	平均值	排序
陇藜1号	0.481	0.445	0.667	0.510	0.733	0.591	0.600	0.535	0.535	0.339	0.470	0.537	2
陇藜2号	0.600	0.633	0.300	0.485	0.526	0.528	0.605	0.601	0.491	0.476	0.620	0.533	3
陇藜3号	0.596	0.444	0.500	0.519	0.380	0.511	0.502	0.565	0.578	0.583	0.601	0.525	4
陇藜4号	0.481	0.373	0.571	0.510	0.500	0.376	0.462	0.363	0.599	0.613	0.623	0.497	8
吉1	0.444	0.455	0.667	0.537	0.476	0.405	0.410	0.543	0.469	0.386	0.461	0.477	10
吉2	0.556	0.571	0.571	0.413	0.429	0.489	0.492	0.587	0.542	0.365	0.457	0.497	7
吉3	0.385	0.542	0.533	0.399	0.491	0.416	0.571	0.657	0.573	0.394	0.600	0.505	6
吉4	0.500	0.583	0.429	0.564	0.633	0.413	0.611	0.610	0.523	0.524	0.537	0.539	1
吉5	0.326	0.405	0.542	0.511	0.456	0.586	0.583	0.662	0.508	0.417	0.651	0.513	5
吉6	0.361	0.538	0.417	0.499	0.500	0.481	0.533	0.581	0.511	0.374	0.586	0.489	9
南非白藜	0.524	0.381	0.417	0.382	0.444	0.552	0.371	0.421	0.630	0.343	0.658	0.466	12
观赏红藜	0.400	0.452	0.611	0.334	0.508	0.602	0.468	0.417	0.592	0.410	0.448	0.477	11
Q2	0.396	0.333	0.500	0.502	0.389	0.546	0.566	0.358	0.404	0.346	0.620	0.451	13

注:pH株高;NB总分枝数;MSL主穗长;W千粒重;Y产量;CP粗蛋白;C粗纤维;CF粗脂肪;S淀粉;SS可溶性总糖;TS总皂苷。

### 3 讨论

种质资源是品种改良的基础,对种质资源进行筛选和评定,可以降低育种工作的盲目性,是种质资源利用、育种工作顺利进行的先决条件<sup>[23]</sup>。藜麦的生长受到气候、地域、土壤结构与类型等因素的影响,因此各品种的生育期、农艺性状、产量和品质均有不同,且有的品种间差异较大。

生育期是评价作物品种适应性的重要指标之一<sup>[24]</sup>。试验结果表明13个藜麦种质在甘南高寒区均可以成熟,完成整个生长周期,但来源不同的藜麦材料生育期不同,其中生育期最长的是观赏红藜,为140 d,属中晚熟材料;生育期最短的是吉4,为120 d,属早熟品种。甘南地区由于到十月份开始强降雪概率大,藜麦上部覆盖积雪达一定量时,很容易发生倒伏,并且强降雪天气常伴有大风,使得倒伏更加严重,因此,本地区以早熟品种更为适宜。

病害与倒伏严重制约藜麦产量,是藜麦种植筛选的重要特性。甘南地区藜麦主要病害为霜霉病,因此抗病害主要以抗霜霉病为主<sup>[25]</sup>。在具有病害和倒伏发生的条件下,本试验中各品种在该地区均抗病、抗倒伏,因此具有在该地区种植的基本特性。

农艺性状的特点是表现直观,易于识别与测定,

因此农艺性状可以划分藜麦的种类并对其进行鉴定,对所选优良种进行培养。由于农艺性状与实际生产直接相关,因此是藜麦材料分析十分关键的评价指标,基于此可以对藜麦种内进行有效划分<sup>[26]</sup>。就目前来看,在种质资源评价工作中,对植物的农艺性状的观测即描述仍为主要的研究方法。本试验中不同品种各农艺性状指标不同,株高109.3~191.0 cm,可分为高秆、中秆及低秆3类,其中高秆以陇藜1号为例,株高高达191.0 cm,秸秆高大,作秸秆饲料有很大价值。低秆以吉4为例,株高仅113.6 cm,抗倒伏性好,产量高,由于其低秆、穗型紧凑,冠幅小,因而可以适当增加种植密度,使产量达到更高。主穗长与产量呈负相关,这与陈翠萍等<sup>[27]</sup>和王艳青等<sup>[28]</sup>研究结果相似。吉4主穗长仅为32.7 cm,但由于其穗头大,穗型紧凑,所以其产量高达2 108.1 kg/hm<sup>2</sup>,相反,南非白藜主穗长长达67.0 cm,却因穗头细长、穗型分散而产量很低。

千粒重与产量是最重要的经济评价指标,因此以千粒重与产量为主,对种质资源进行评价是主要的筛选方式。殷敏等<sup>[29]</sup>通过对30份藜麦种质资源的评价,筛选出了适宜江苏沿海地区生长的早熟矮秆大粒型藜麦品种,其平均千粒重为2.94 g,产量为1.55 t/hm<sup>2</sup>,吴应齐等<sup>[30]</sup>通过研究筛选出了适宜浙江

西南地区的藜麦品种,其产量高达 $4.1\text{ t/hm}^2$ 。本研究通过对13个藜麦材料的农艺性状及品质进行分析,发现不同材料的植株性状、经济性状和籽粒品质均有较大差异,但均具有抗逆性和抗倒伏性。结合各藜麦品种的农艺性状及籽粒营养品质进行综合评价,其中品种吉4生育期短(120 d)、产量高( $2\ 108.1\text{ kg/hm}^2$ )、千粒重大( $4.01\text{ g}$ ),并且与其他品种相比,该品种营养指标也较高,由于其农艺性状及籽粒品质优势十分突出且抗倒伏,因此具有良好的适应性及推广价值。籽粒性状和产量不仅与所在地区的海拔和气温等外部环境有直接联系,也与播种的时间和行距有很大关系,张亚萍等<sup>[29]</sup>在天祝地区研究发现不同密度和播期对藜麦产量有显著影响,沈菊等<sup>[30]</sup>在柴达木地区也有类似发现,所以本试验后续将以不同的播期和行距对吉4进行再筛选,以此进一步提高其产量。

聚类分析已在多个物种中得到应用,是种质资源评价与筛选中的常用手段<sup>[33]</sup>。本研究通过聚类分析,将13个藜麦材料归为3大类,其中第Ⅰ类产量过低且其它营养品质不突出。第Ⅱ类为吉3,其产量较低,千粒重较大,营养品质适中。第Ⅲ类最主要的特点为产量高,千粒重大,以吉4和陇藜1号为代表,吉4千粒重达到 $4.01\text{ g}$ ,产量达到 $2\ 108.1\text{ kg/hm}^2$ ,均为所有材料中最高,其生育期短,营养品质也不逊于其它品种,陇藜1号,其特点为高秆、主穗短、千粒重大、产量高、高蛋白,低淀粉,从二者产量、千粒重以及营养品质来看,均适宜在该地区推广,投入实际生产。第Ⅰ类中的观赏红藜穗色为深红、主穗长度长、叶片色泽鲜艳,因而可发挥其观赏性优势,应用于观赏藜麦(图2)。



图2 观赏红藜

Fig.2 Ornamental red quinoa

本研究中的13个品种通过隶属函数进行了综合评价,其排名与聚类分析中的类别有所关联,排名靠前的为第2和第3类,均具有高产的特性,综合排名前二的为吉4和陇藜1号,证明了这2个品种适宜在该地区推广,投入实际生产这一结论的可靠性。

## 4 结论

本研究中的13个藜麦材料均可以在甘南州高寒区完成整个生育期,且各品种在该地区均具有良好的抗病性和抗倒伏性。观赏红藜具有观赏性藜麦的特性,可发挥其观赏性优势,应用于观赏藜麦;吉4和陇藜1号产量高,千粒重大,且其营养品质高,因此可投入生产高产高品质藜麦原粮。综合各性状进行分析,吉4生育期短、产量高、千粒重大且营养品质较好,为甘南州高寒区最适品种,可在该地区大面积推广。

### 参考文献:

- [1] Elsohaimy S A, Refaay T M, Zaytoun M. Physicochemical and functional properties of quinoa protein isolate[J]. *Annals of Agricultural Sciences*, 2015, 60(2): 297–305.
- [2] Konishi Y, Hirano S, Tsuboi H, *et al.* Distribution of Minerals in Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) Seeds[J]. *Journal of the Agricultural Chemical Society of Japan*, 2004, 68(1): 231–234.
- [3] Repo-Carrasco-Valencia R, Hellstrom K L, Pihlava M J, *et al.* Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*) [J]. *Food Chemistry*, 2010, 120(1): 128–133.
- [4] 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.
- [5] 高睿. 矮壮素对不同水处理下藜麦生长发育及产量的影响[D]. 长春:东北师范大学, 2021.
- [6] 石钰,房媛,薛逸诺. 藜麦作为饲料原料在动物生产上的营养价值与抗营养作用[J]. *中国饲料*, 2022, (4): 5–8.
- [7] 王伟,邵燕,庞鹤鸣,等. 藜麦营养功能及饲料化利用发展前景[J]. *养殖与饲料*, 2021, 20(10): 78–81.
- [8] 高睿,李志坚,秦培友,等. 藜麦的发展与应用潜力分析[J]. *饲料研究*, 2019, 42(12): 77–80.

- [9] 王晨静,赵习武,陆国权,等. 藜麦特性及开发利用研究进展[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(2):296-301.
- [10] 刘粟心,杨许花,高丹丹,等. 藜麦的营养价值及其开发利用研究进展[J]. 现代农业科技,2021(14):218-219+226.
- [11] 郭建芳,武小平,丁健. 山西藜麦产业现状及发展对策[J]. 农业科技通讯,2018(11):4-6.
- [12] 刘洋,闫殿海,毛玉金,等. 藜麦在青海的引种及适应性鉴定方法探讨[J]. 青海农林科技,2016(2):61-63.
- [13] 黄杰,杨发荣. 藜麦在甘肃的研发现状及前景[J]. 甘肃农业科技,2015(1):49-52.
- [14] 任永峰,王志敏,赵沛义,等. 内蒙古阴山北麓区藜麦生态适应性研究[J]. 作物杂志,2016(2):79-82+2.
- [15] 张锦豪,王树彦,杨恩泽,等. 藜麦种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 中国草地学报,2022,44(12):37-46.
- [16] 贡布扎西,旺姆,张崇玺,等. 南美藜在西藏的生物学特性表现[J]. 西南农业学报,1994,7(3):54-62.
- [17] 陆敏佳,莫秀芳,王勤. 藜麦基因组DNA提取方法的比较[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):42-45.
- [18] 任昱鑫,代寒凌,田新会,等. 添加剂对甘肃省高寒牧区不同刈割期小黑麦青贮饲料营养品质和青贮品质的影响[J]. 草业学报,2020,29(3):197-206.
- [19] 张建山. 乌兰县引种藜麦试验研究初报[J]. 青海农技推广,2016(1):55-58.
- [20] 王丽娜,顾鑫,任翠梅,等. 大庆地区藜麦引种试验[J]. 黑龙江农业科学,2021(9):24-28.
- [21] 杨发荣,刘文瑜,黄杰,等. 河西地区2个藜麦品种引种试验研究[J]. 草地学报,2018,26(5):1273-1276.
- [22] Ting X, Duo C, Tianyu Z, *et al.* Chromosome-scale assembly and population diversity analyses provide insights into the evolution of *Sapindus mukorossi* [J]. Horticulture research,2022,9(1):589-603.
- [23] 武敬也,马琳,吴欣明,等. 180份饲用燕麦种质资源表型遗传多样性研究[J]. 草地学报,2023,31(5):1501-1510.
- [24] 郑曦,魏臻武,武自念,等. 不同燕麦品种(系)在扬州地区的适应性评价[J]. 草地学报,2013,21(2):272-279.
- [25] 黄杰,杨发荣,李敏权,等. 13个藜麦材料在甘肃临夏旱作区适应性的初步评价[J]. 草业学报,2016,25(3):191-201.
- [26] 刘正杰,李玉平,张盟,等. 云南省藜麦引进栽培及产业发展现状研究[J]. 现代农业科技,2021(10):4-9.
- [27] 陈翠萍,闫殿海,左皓南,等. 青海47份藜麦种质资源农艺性状分析[J]. 青海大学学报,2021,39(4):18-25.
- [28] 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.
- [29] 殷敏,时丕彪,李斌,等. 30份藜麦种质资源在江苏沿海地区农艺性状分析[J]. 中国种业,2023(2):100-105.
- [30] 吴应齐,姚理武,吴丽芳,等. 不同藜麦品种(系)在浙西南地区的适应性评价[J]. 浙江林业科技,2021,41(6):30-36.
- [31] 张亚萍,杜雷超,孙建蓉,等. 播期和密度对不同藜麦品种农艺性状和产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(1):36-42.
- [32] 沈菊,张婵娟,辛萍萍,等. 柴达木盆地东部不同播期藜麦生长表现特征分析[J]. 农学学报,2023,13(9):94-100.
- [33] 张琪,陆靖英,谢广明,等. 不同藜麦品种农艺性状、产量及品质分析研究[J]. 中国农学通报,2023,39(18):26-33.
- [34] 柳婷婷,骆霞虹,李文略,等. 13个红麻品种(系)农艺性状的遗传多样性分析[J]. 分子植物育种,2024(1),1-10.

# Evaluation of germplasm adaptability of quinoa in the alpine region of Gannan Prefecture

ZHANG Xue-jian<sup>1</sup>, LIU Wen-yu<sup>2,3</sup>, YANG Fa-rong<sup>1,2,3\*</sup>, LIU Huan<sup>1</sup>, HUANG Jie<sup>2,3</sup>,  
WEI Yu-ming<sup>2,3</sup>

(1. Pratacultural College, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem of Ministry of Education, Pratacultural Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; 2. Institute of Pasture and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China; 3. Gansu Quinoa Breeding and Cultivation Technology and Comprehensive Development Engineering Research Center, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** 【Objective】 The aim of the study is to investigate the adaptive performance of the test varieties in the alpine zone of Gannan Prefecture, Gansu Province, and to screen out the most suitable quinoa varieties in the alpine zone of Gannan Prefecture, so as to provide a theoretical basis for the scientific cultivation and industrial development of quinoa in the region and to provide scientific support for the development of quinoa cultivation in the whole country. 【Method】 13 quinoa varieties were taken as materials. Their phenological period, agronomic traits, yield indexes, resistance to fall and disease, as well as nutritional quality, etc. were measured and recorded, and the cluster analysis method and the affiliation function were applied to categorize and evaluate these varieties. 【Result】 All 13 selected quinoa materials could complete the whole fertility period in the alpine area of Gannan Prefecture, Gansu Province, but the fertility period, agronomic traits and nutritional quality of different varieties were different. Ji 4 and Longli No. 1 had high yields, high thousand-grain weights and their nutritional quality was high, so they could be put into the production of high-yield and high-quality raw grains. Longli No. 3 and ornamental red quinoa although yield was low, but had the characteristics of ornamental quinoa, and thus could be applied to ornamental. 【Conclusion】 Comprehensive analysis of the traits showed that Ji4 had a short fertility period (120 d), high yield (2 108.1 kg/hm<sup>2</sup>), high thousand grain weight (4.01 g) and good nutritional quality, and was the most suitable variety for the alpine zone of Gannan Prefecture, and could be widely promoted in the region.

**Key words:** quinoa variety; agronomic trait; nutrient quality; germplasm screening

(责任编辑:刘建荣)