

藜麦在四川省阿坝州的适应性研究*

蒋云¹, 郑亮², 李倩³, 赵丽华⁴, 张洁¹, 唐力为³, 郭元林^{1**}

(1. 四川省农业科学院生物技术核技术研究所, 四川 成都 610061; 2. 四川省气象探测数据中心, 四川 成都 610072;
3. 攀枝花市农林科学研究院, 四川 攀枝花 617000; 4. 攀枝花学院生物与化学工程学院, 四川 攀枝花 617000)

摘要:【目的】评价藜麦在四川省阿坝州的农艺和品质性状, 为该地区藜麦种植提供理论依据。【方法】将引进的9份藜麦品种/系试种于阿坝州马尔康市, 调查分析全生育期、株高、主穗长、千粒质量、单株产量、产量、病虫害及籽粒蛋白质、脂肪、抗性淀粉和总淀粉含量。【结果】参试藜麦表现出一定的多样性, 各材料间的千粒质量、单株产量、产量、蛋白质含量、脂肪含量和抗性淀粉含量均有显著或极显著差异($P<0.05$ 或 $P<0.01$)。参试藜麦早熟品种全生育期约125 d, 晚熟品种全生育期159 d; 株高(149.6±12.2) cm, 穗长(52.5±6.8) cm, 千粒质量(3.11±0.46) g, 单株产量(62.5±33.2) g, 产量(1172.9±785.6) kg/hm²; 籽粒蛋白质含量(15.6±1.3)%, 脂肪含量(6.4±0.5)%, 抗性淀粉含量(0.15±0.02)%, 总淀粉含量(55.9±1.9)%。病虫害有潜叶蝇、斜纹夜蛾和叶斑病, 发生轻微。试种材料中NX-1和CX-2综合表现最好, 可进一步推广种植。【结论】藜麦可在马尔康及生态条件类似的地区种植, 但要注意选择品种、播期和病虫害观测, 进一步引进和筛选适宜品种并形成配套栽培措施是下一步研究的重点。

关键词: 藜麦; 引种; 农艺性状; 品质性状

中图分类号: S 519.01

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2021) 02-0197-08

The Adaptability of Quinoa in Aba Prefecture of Sichuan Province

JIANG Yun¹, ZHENG Liang², LI Qian³, ZHAO Lihua⁴,
ZHANG Jie¹, TANG Liwei³, GUO Yuanlin¹

(1. Biotechnology and Nuclear Technology Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610061, China; 2. Sichuan Provincial Meteorological Observation Data Centre, Chengdu 610072, China;
3. Panzhihua Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Panzhihua 617000, China;
4. School of Biological and Chemical Engineering, Panzhihua University, Panzhihua 617000, China)

Abstract: [Purpose] To evaluate the agronomic and quality characteristics of quinoa in Aba Prefecture of Sichuan Province, and provide a theoretical basis for quinoa cultivation in this region. [Method] The duration, plant height, main spike length, 1000-grain weight, yield per plant, yield, diseases and insect pests, protein, fat, resistant starch and total starch content of 9 quinoa accessions were investigated in Barkam. [Result] Quinoa accessions showed a certain diversity, and there were significant or extremely significant differences ($P<0.05$ or $P<0.01$) in 1000-grain weight, yield per plant, yield, protein content, fat content and resistant starch content among accessions. Growth dura-

收稿日期: 2020-01-30

修回日期: 2020-10-24

网络首发时间: 2021-03-18 12:29:36

*基金项目: 四川省科技厅应用基础研究项目(19YYJC1703); 攀枝花市农林科学研究院院立项目(2017nly02); 干热河谷特色生物资源开发四川省高校重点实验室项目(GR-2018-C-01)。

作者简介: 蒋云(1982—), 男, 四川三台人, 硕士, 副研究员, 主要从事作物诱变育种研究。

E-mail: 85197544@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 郭元林(1964—), 男, 湖北洪湖人, 学士, 副研究员, 主要从事作物栽培研究。E-mail: 1214199456@qq.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20210317.1351.002.html>



tions was about 125 d in early-maturing accessions, and 159 d in late-maturing accessions. Plant height and inflorescence length was (149.6 ± 12.2) cm and (52.5 ± 6.8) cm, respectively. 1000-grain weight was (3.11 ± 0.46) g. Single plant yield and yield was (62.5 ± 33.2) g and $(1\,172.9\pm 785.6)$ kg/hm², respectively. Content of grain protein, fat, resistant starch and total starch were $(15.6\pm 1.3)\%$, $(6.4\pm 0.5)\%$, $(0.15\pm 0.02)\%$, and $(55.9\pm 1.9)\%$, correspondingly. There were slightly leaf miner, twill moth and leaf spot diseases been observed on quinoa accessions. NX-1 and CX-2 showed excellent performance among these accessions, which could be further cropped. [Conclusion] Quinoa could be planted in Barkam and areas with similar ecological conditions. Attention should be paid on the selection of varieties, sowing date and observation of diseases and insect pests. Introduction and screening of suitable varieties and formation cultivation measures were the focuses in the further.

Keywords: quinoa; introduction; agronomic traits; quality traits

藜麦 (*Chenopodium quinoa* Willd, $2n=4x=36$) 为苋科 (Amaranthaceae) 藜亚科 (Chenopodiaceae) 藜属 (*Chenopodium*) 一年生双子叶植物, 原产于南美洲安第斯山区, 耐盐碱能力强, 性喜强光, 生态适应型丰富^[1]。藜麦适应性强, 籽粒营养丰富, 被联合国粮农组织 (FAO) 列为 21 世纪世界粮食安全和人类营养最有前途的作物之一。藜麦富含蛋白质、淀粉、脂肪、矿物质和维生素等营养成分, 其籽粒蛋白质含量为 7%~23%^[2], 富含人体必需的 8 种氨基酸, 是人类优秀的蛋白质来源^[3-4]。藜麦籽粒脂肪含量约 6%, 其中油酸占比约 25%, 亚油酸占比约高达 50%, 是一种健康油脂^[3,5]。藜麦淀粉含量约 60%, 主要以 D-木糖和麦芽糖组成, 葡萄糖和果糖含量很低, 是糖尿病患者的理想食品^[5-6]。同时, 藜麦还是膳食纤维、多酚类和黄酮类物质的良好来源, 具有促进人体健康的作用^[7]。藜麦用途广泛, 除籽粒作粮食外, 嫩叶可作叶菜食用, 整株可作牲口饲料或高蛋白青贮原料^[8]。

随着藜麦的营养价值逐渐被世界所了解, 除原产地南美洲外, 藜麦在全球许多地区被广泛种植, 被认为是一种有发展前景的替代作物^[9]。中国藜麦研究起步较晚, 但发展迅速。1987 年由西藏农牧学院首次成功引种藜麦; 2012 年山西省率先开展藜麦规模化种植^[10-11]; 近年来, 国内引种和育种研究发展十分迅速, 育成了陇藜、青藜、中藜、贡扎、蒙藜和冀藜等系列品种。2019 年中国藜麦栽培面积约 1.7×10^4 hm², 总产量 3~4 万 t, 已跃居成为全球藜麦第三大产区; 其中, 青海、内蒙古、甘肃、云南、山西、河北和吉林等省区栽培面积较大, 陕西、山东、江苏、浙江、贵

州、四川和重庆等省市开展了小规模试种或示范。

目前, 藜麦在四川省的试种和小规模试生产主要分布于成都市、凉山州、攀枝花市、甘孜州和阿坝州^[12]。阿坝州处于青藏高原东缘, 境内气候冷凉, 日照充足, 适宜发展藜麦种植, 但缺乏引种相关报道。本研究以国内主产区引进的藜麦种子为材料, 初步评价藜麦在阿坝州马尔康市的农艺性状、病虫害发生和营养品质情况, 并对主要农艺性状和营养品质指标进行相关性分析, 为该地区藜麦品种选择、栽培管理措施和产业发展提供理论依据, 同时为藜麦新品种的选育和栽培研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究材料

9 份藜麦材料均引自国内藜麦主产区; 其中, 材料 NX-1 引自内蒙古, 材料 CX-2 引自四川, 材料 SHX-3~SHX-9 引自山西。上述材料选典型单株自交纯合后用于本研究, 均由四川省农业科学院生物技术核技术研究所提供与保存。

1.2 田间试验

试种时间为 2018 年 5—10 月, 试种地点为四川省阿坝州马尔康市俄尔雅村 ($N31^{\circ}54'$ 、 $E102^{\circ}13'$), 海拔约 2600 m, 属高原大陆季风气候, 生长期间总降雨量 581 mm, 10℃ 以上积温 1976℃。试验地土壤为沙壤土, 耕作层 20 cm, pH 8.1, 有机质含量为 69.7 g/kg, 碱解氮含量为 254 mg/kg, 有效磷含量为 67.8 mg/kg, 速效钾含量为 280 mg/kg。

按随机区组法设计试验, 3 次重复。5 月 24 日播种, 人工翻耕, 耕深约 15 cm, 翻耕前施

用 7.5 t/hm² 干牛粪作基肥,不再追肥。雨后覆膜穴播,小区面积 16 m²,长 8 m,宽 2 m,株距 40 cm,行距 60 cm。每穴播 10~20 粒种子,播种深度约 5 cm。苗高约 10 cm 时匀苗并除草,每穴留 2 苗,苗高达到约 30 cm 时再次除草,整个生育期间不浇水,不防治病虫害。9 月下旬至 10 月下旬分批收获。

1.3 农艺性状和病虫害初步观察

乳熟后期,以“X”形在小区中部取 5 株未倒伏的植株挂牌,分别调查挂牌单株的株高、主穗长、穗色、粒色、千粒质量和单株产量,全小区收获测产并折算成公顷产量。其中,主穗长为主穗结实分枝的基部到穗顶端的长度。现穗期、开花期和乳熟期在全小区各观察 1 次病虫害发生情况。

1.4 品质分析

各小区每个挂牌单株取 2 g 籽粒并混合,用磨粉机(HZT-FA 220S,福州华志科学仪器有限公司)研磨 40 s,再过 100 目筛备用。

蛋白质含量测定:按照 GB/T 5511—2008 中的凯氏法进行操作,蛋白转换系数 6.25,使用丹麦 FOSS 8400 型全自动凯氏定氮仪(丹麦福斯特卡托公司)完成测定。

抗性淀粉和总淀粉含量测定:采用 Megazyme 抗性淀粉试剂盒(爱尔兰 Megazyme 公司)进行测试(AOAC 法 2002.02 和 AACC 法 32-40),按试剂盒说明书进行测试,采用 Megazyme 公司提供的 K-RSTAR_CALC.xls 程序计算抗性淀粉和总淀粉含量。

脂肪含量测定:按照 GB/T 5512—2008 中的索氏抽提法进行测试。

含水量测定:按照 GB/T 21305—2007 中的常规法进行测试。

1.5 数据处理

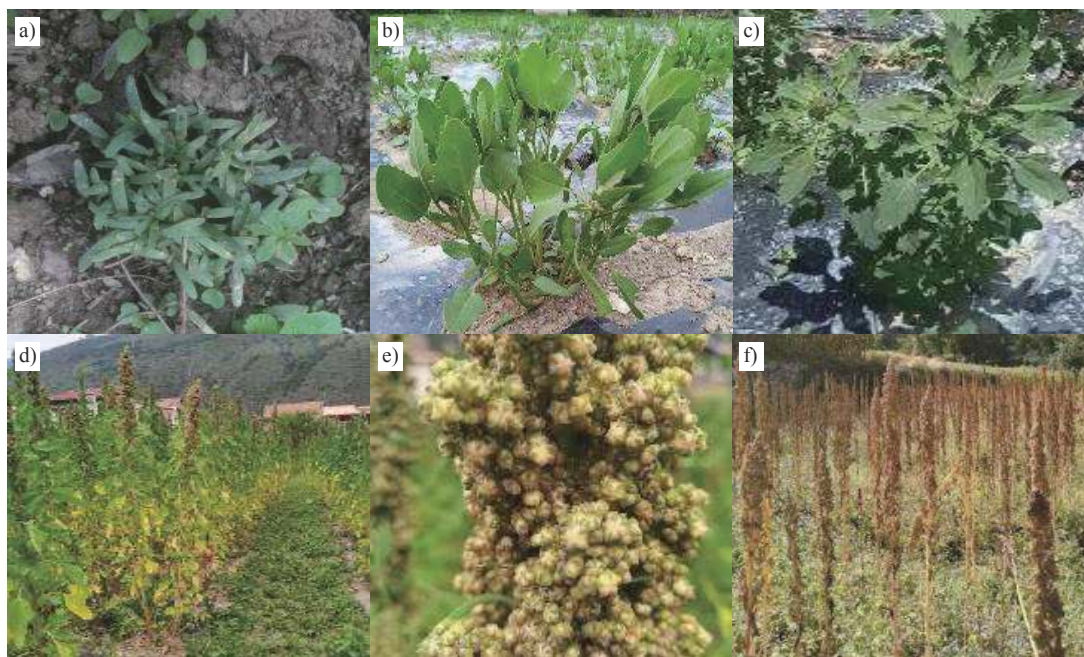
营养品质指标的测定结果均以样品干基百分比含量表示。使用 Microsoft Office Excel 365 和 DPS 7.05 软件对农艺性状和品质性状进行方差分析,并对两者的相关性进行分析。

2 结果与分析

2.1 农艺性状表现

9 种参试材料出苗良好,除 SHX-4 外,均表现为正常生长并结实(图 1)。

由表 1 可知:SHX-4 全生育期达 159 d,其余材料均约为 125 d,由于全生育期过长,SHX-4 在打霜之前不能正常成熟,导致其千粒质量和



注: a) 种子发芽; b) 幼苗期; c) 现穗期; d) 灌浆初期; e) 穗部细节; f) 完熟期。

Note: a) seed germination; b) young seedling stage; c) earlier flower and fruit period; d) early filling period; e) the detail of ear; f) full ripe period.

图 1 藜麦材料 NX-1 在马尔康田间表现

Fig. 1 Performance of quinoa NX-1 in the field of Barkam

表 1 藜麦在马尔康的主要农艺性状

Tab. 1 Main agronomic traits of quinoa in Barkam

材料 accessions	全生育期/d growth duration	株高/cm plant height	穗长/cm inflorescence length	千粒质量/g 1 000-grain weight	单株产量/g grain yield per plant	产量/(kg·hm ²) yield	穗色 inflorescence colour	粒色 grain colour
NX-1	123	142.7±26.8 aA	44.5±6.1 aA	2.91±0.08 bA	129.2±6.2 aA	2958.5±319.5 aA	橙 orange	白 white
CX-2	125	133.8±29.6 aA	47.8±12.6 aA	3.20±0.16 abA	104.6±0.6 aA	2002.6±248.8 bB	粉红 pink	白 white
SHX-3	125	134.7±21.4 aA	44.2±19.9 aA	3.56±0.30 aA	56.9±11.1 bB	662.9±123.7 dC	绿 green	白 white
SHX-4	159	156.9±14.5 aA	62.8±15.1 aA	2.02±0.30 cB	24.2±4.4 cB	824.7±43.0 cdC	绿 green	白 white
SHX-5	127	137.4±20.1 aA	48.2±4.8 aA	3.10±0.27 abA	46.4±15.8 bcB	889.1±78.7 cdC	紫红 purple-red	白 white
SHX-6	122	158.3±5.8 aA	53.4±15.0 aA	3.21±0.24 abA	50.7±11.4 bB	971.0±144.7 cC	橙褐 orange-brown	棕 brown
SHX-7	122	171.7±10.9 aA	55.3±12.5 aA	3.30±0.13 abA	56.9±9.5 bB	662.8±82.9 dC	绿 green	白 white
SHX-8	127	158.1±20.1 aA	54.4±17.8 aA	3.08±0.22 abA	55.7±6.8 bB	857.7±65.2 cC	紫 purple	红 red
SHX-9	127	164.5±25.9 aA	61.7±21.7 aA	3.57±0.21 aA	37.9±12.8 bcB	726.7±92.4 cdC	绿 green	黑 black
平均值 average	128.5±11.6	149.6±12.2	52.5±6.8	3.11±0.46	62.5±33.2	1 172.9±785.6		
变异系数 coefficient of variation	0.0902	0.0819	0.1304	0.1478	0.5307	0.6698		

注：小写字母和大写字母表示不同品种间的差异显著 ($P<0.05$) 和极显著 ($P<0.01$)；下同。

Note: Lowercase and capital letters represented significant different at 0.05 and 0.01 level among different accessions; the same as below.

单株产量均最低。各藜麦品种的株高介于 133.8~171.7 cm，且差异不显著 ($P>0.05$)，其中最高的为 SHX-7，最矮的为 CX-2。穗长介于 44.2~62.8 cm，且差异不显著 ($P>0.05$)，最长的为 SHX-4，最短的为 SHX-3。千粒质量介于 2.02~3.57 g，SHX-4 最低，且与其他品种达极显著差异 ($P<0.01$)；NX-1 与 SHX-3 和 SHX-9 均有显著差异 ($P<0.05$)，其余材料之间差异不显著 ($P>0.05$)。单株产量介于 24.2~129.2 g，其中 NX-1 和 CX-2 均极显著高于其他品种 ($P<0.01$)，而 SHX-4 最低。产量介于 662.8~2958.5 kg/hm²，其中最高的是 NX-1，其次为 CX-2，二者之间以及二者与其余材料之间的差异均达极显著水平 ($P<0.01$)，产量最低的是 SHX-7。参试藜麦品种颜色表现丰富，9 个品种有 6 种穗色、4 种粒色。变异系数较大的性状有单株产量和产量，居中的性状有穗长和千粒质量，较小的性状有全生育期和株高。

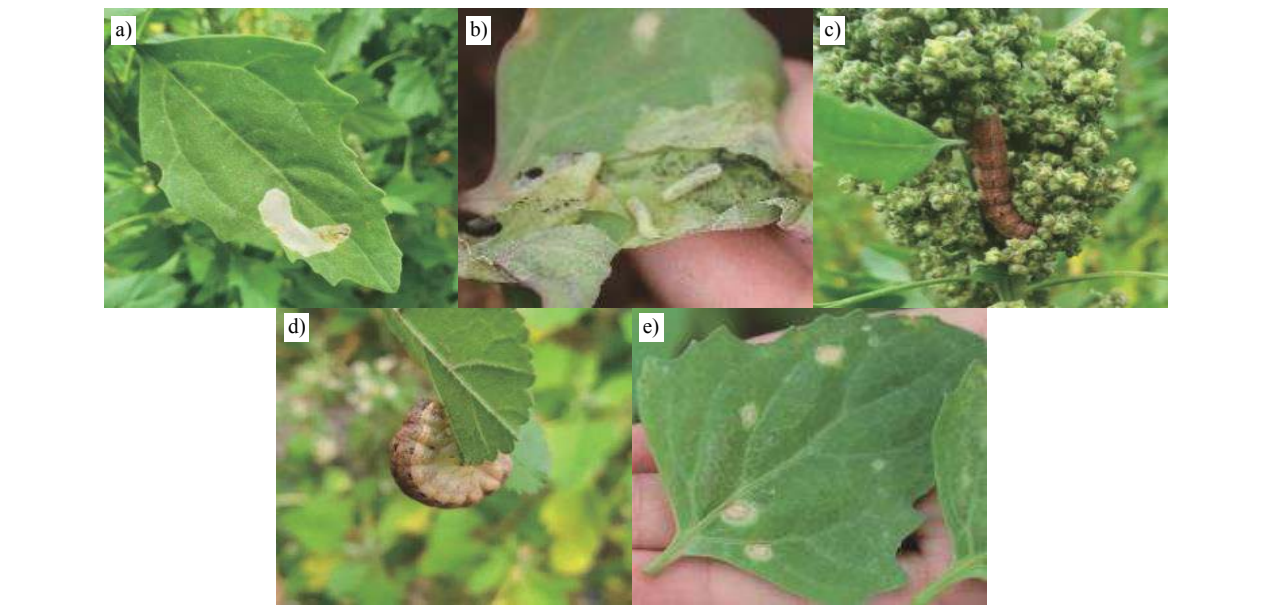
由此可见，不同藜麦品种的丰产性差异较大，选择适宜品种有利于提高单产。穗长和千粒质量有一定变异，可作为筛选指标以提高藜麦籽粒的产量和商品性。

2.2 病虫害初步观察

马尔康市地处高原，气候冷凉，病虫害数量少，藜麦病虫害发生程度轻微。整个生长周期观察到的藜麦虫害有潜叶蝇和斜纹夜蛾；病害有叶斑病 (图 2)。在藜麦现穗、开花和乳熟期均能观察到潜叶蝇，且以乳熟期最多，其幼虫先在藜麦叶片的上、下表皮之间取食叶肉形成蛀道，随后蛀道连接成片，呈白色透明大水泡状，剖开表皮可见白色幼虫及黑色虫粪。在乳熟期能观察到斜纹夜蛾的老龄幼虫，隐藏于穗部，蛀食藜麦果实。叶斑病发生于灌浆初期，藜麦下部叶片发病多于上部叶片，叶片多从叶尖和叶缘感病，产生淡黄色圆斑，接着病斑变为灰褐色，隆起，进而发生穿孔。

2.3 营养品质表现

由表 2 可知：9 种藜麦试材的蛋白质、脂肪和抗性淀粉含量存在显著差异 ($P<0.05$)，而总淀粉含量无显著差异 ($P>0.05$)。蛋白质含量介于 13.6%~17.7%；其中，SHX-4 最高，且与 SHX-3、SHX-6、SHX-7 和 SHX-9 差异达极显著水平 ($P<0.01$)，与 CX-2 和 SHX-8 差异达显著水平 ($P<$



注: a) 潜叶蝇形成的蛀道; b) 潜叶蝇幼虫及虫粪; c) 和 d) 穗部和叶部的斜纹夜蛾幼虫; e) 藜麦叶斑病病斑。
Note: a) the gallery of leaf miner; b) the larvae and dung of leaf miner; c) and d) the larva of *Spodoptera litura* in ear and leaf; e) leaf spot of quinoa.

图 2 马尔康藜麦的病虫害
Fig. 2 Diseases and pests of quinoa planted in Barkam

表 2 藜麦在马尔康的营养品质
Tab. 2 Nutritional quality of quinoa planted in Barkam

材料 accessions	含水量 moisture	蛋白质含量 protein content	脂肪含量 fat content	抗性淀粉含量 resistant starch content	总淀粉含量 total starch content
NX-1	12.5±0.6 aA	17.1±0.1 abAB	6.7±0.4 abA	0.15±0.03 abA	57.8±4.7 aA
CX-2	12.8±0.4 aA	15.6±1.8 bcdABCD	6.9±0.7 aA	0.13±0.04 abA	53.4±6.2 aA
SHX-3	12.5±0.2 aA	14.4±0.6 deCD	6.4±0.3 abA	0.12±0.03 bA	55.9±12.0 aA
SHX-4	12.0±0.6 aA	17.7±1.4 aA	5.2±0.9 bA	0.11±0.02 bA	52.6±6.8 aA
SHX-5	13.0±1.4 aA	16.2±1.0 abcABC	6.7±1.1 abA	0.16±0.03 abA	57.8±9.0 aA
SHX-6	12.6±1.2 aA	14.9±0.7 cdeBCD	7.0±0.6 aA	0.14±0.04 abA	57.7±4.6 aA
SHX-7	12.4±1.0 aA	13.6±0.3 eD	6.2±0.5 abA	0.17±0.06 abA	55.3±5.4 aA
SHX-8	13.0±1.5 aA	15.8±0.2 bcdABCD	6.2±1.0 abA	0.17±0.05 abA	56.9±3.3 aA
SHX-9	12.2±0.3 aA	15.0±1.0 cdeBCD	6.1±0.7 abA	0.18±0.04 aA	57.8±8.0 aA
平均值 average	12.7±0.5	15.6±1.3	6.4±0.5	0.15±0.02	55.9±1.9
变异系数 coefficient of variation	0.043 1	0.083 1	0.085 6	0.165 0	0.034 1

0.05), 而 SHX-7 最低。脂肪含量介于 5.2%~7.0%, CX-2 和 SHX-6 含量较高, 二者和含量最低的 SHX-4 差异达显著水平 ($P<0.05$), 其余品种间差异不显著 ($P>0.05$)。各品种的抗性淀粉含量介于 0.11%~0.18%; 其中, SHX-9 最高, 并与含量最低的 SHX-3 和 SHX-4 差异达显著水平 ($P<0.05$), 其余品种的含量差异不显著 ($P>0.05$)。各品种的总淀粉含量介于 52.6%~57.8%, 品种间差异不显著 ($P>0.05$)。从变异系数看, 变异最小的是总淀粉含量, 居中的是蛋白质和脂肪含量, 最大的是

抗性淀粉含量, 但由于藜麦中抗性淀粉含量很低, 故对品种选择的指导意义不大。

2.4 相关性分析

除未正常成熟的试材 SHX-4, 用其余参试材料进行相关分析。结果(表 3)表明: 株高和穗长呈极显著正相关, 说明穗长与茎秆有同伸关系; 蛋白质含量与千粒质量呈显著负相关, 说明大而饱满的籽粒并未积累更多的蛋白质; 抗性淀粉含量与株高和穗长均呈显著正相关, 说明植株越高, 其籽粒抗性淀粉含量越高; 总淀粉含量与脂

表 3 藜麦在马尔康的主要农艺和品质性状的相关性分析
Tab. 3 Correlation analysis of main agronomic and quality traits of quinoa planted in Barkam

性状 traits	D	PH	IL	TKW	GYPP	PC	FC	RSC	TSC
D		-0.1100	0.1700	0.1800	-0.3400	0.3000	-0.3800	0.2900	-0.4900
PH			0.9000**	0.1900	-0.4900	-0.3700	-0.5000	0.7400*	-0.6200
IL				0.3800	-0.6100	-0.4000	-0.5500	0.7700*	-0.7300*
TKW					-0.5900	-0.7100*	-0.5200	-0.0500	-0.5200
GYPP						0.5600	0.4600	-0.3800	0.4700
PC							0.4200	0.0000	0.3500
FC								-0.6200	0.8900**
RSC									-0.6100
TSC									

注：D. 全生育期；PH. 株高；IL. 穗长；TKW. 千粒质量；GYPP. 单株产量；PC. 蛋白质含量；FC. 脂肪含量；RSC. 抗性淀粉含量；TSC. 总淀粉含量。“*”和“**”分别表示相关性显著和极显著。
Note: D. growth duration; PH. plant height; IL. inflorescence length; TKW. 1 000-grain weight; GYPP. grain yield per plant; PC. protein content; FC. fat content; RSC. resist starch content; TSC. total starch content. “*” and “**” mean significant and extremely significant level, respectively.

肪含量呈极显著正相关、与穗长呈显著负相关，说明籽粒总淀粉含量越高，籽粒脂肪含量相应较高而穗长越短。其余性状间的相关性不显著。

3 讨论

3.1 马尔康藜麦的农艺和品质性状评价

藜麦引入中国后，各地开展了大量的引种和评价工作。由于品种和环境不同，国内外报道的藜麦全生育期为 109~163 d，株高为 0.5~2.5 m，穗长 15~86 cm，千粒质量 1.20~6.00 g^[13-18]。本研究发现：不同藜麦材料在马尔康的全生育期、株高、穗长、千粒质量、产量和颜色等性状有广泛的变异，但均在前人的报道范围内，表明藜麦能够在马尔康正常生长发育，但晚熟品种需要尽早播种。藜麦在马尔康的平均株高为 149 cm，低于青海格尔木(>190 cm)^[15]、甘肃河西(>200 cm)^[16]，高于江苏沿海(约 110 cm)^[17]，与河北张家口地区接近(约 140 cm)^[18]，这可能是不同地区的气候差异所导致。

产量方面，原产地南美洲的藜麦原始品种单产普遍较低(0.5~1 t/hm²)，而改良品种则普遍为 3 t/hm²，高产试验能达到 6.5 t/hm²^[19-21]，而中国试种或试验报道的单产约 2~4 t/hm²^[16-18]。本研究中不同藜麦材料的单产差异显著，表现最好的 NX-1 的产量约 3 t/hm²，达到国内平均水平。此外，SHX-4 由于生育期过长未正常成熟，但其穗长最长、几乎无倒伏/倒折，具有较高的产量潜力，值得进一步研究。

品质方面，本研究与国内其他结果相近。参试藜麦材料的籽粒蛋白质、脂肪、抗性淀粉和淀粉的平均含量分别为 15.6%、6.4%、0.15% 和 55.9%。胡一波等^[22]研究表明：张家口和大同的 25 份藜麦资源的蛋白质平均含量为 16.04%，高于本研究，但脂肪和淀粉含量低于本研究。贡布扎西等^[23]报道西藏试种藜麦的蛋白质含量平均 12.32%，低于本研究，但其脂肪和淀粉含量高于本研究。周海涛等^[18]报道的 4 份试种藜麦的蛋白质和淀粉平均含量分别为 14.79% 和 50.65%，低于本研究，而脂肪含量高于本研究。赵亚东^[24]研究青海藜麦蛋白质含量平均为 13.84%，淀粉为 51.8%，均低于本研究，但脂肪含量高于本研究。石振兴等^[25]研究发现：中国藜麦的蛋白质含量显著高于美国和玻利维亚，与秘鲁无显著差异；但其淀粉含量显著低于美国和玻利维亚，与秘鲁无显著差异；4 个国家的藜麦脂肪含量均无显著差异。藜麦是以营养全面为特点的作物，在生产上要兼顾品质和产量的统一，不同藜麦材料的农艺和品质性状相关性分析可以为藜麦品种选择提供一定的依据。本研究表明：藜麦籽粒蛋白质含量与千粒质量显著负相关。前人对 770 份国审玉米品种的研究发现粗蛋白和千粒质量极显著负相关^[26]，而对 270 份谷子的研究则发现蛋白质含量和千粒质量显著正相关^[27]。说明作物中蛋白质含量与千粒质量的互作机制有待进一步研究。大多数粮食籽粒中都含有抗性淀粉，其具有类似可溶性纤维的潜在健康益处和功能特性，本研究

结果表明:藜麦抗性淀粉含量极低,藜麦的膳食纤维可能主要由其他成分组成。

3.2 病虫害评价

现有研究表明:藜麦在引种地遭遇的害虫种类和原产地南美基本不同,主要是当地害虫扩大寄主范围从而为害藜麦^[28-29]。在北京市藜麦为害较重的有甜菜筒喙象,其幼虫蛀食藜麦茎秆造成倒伏减产^[30];山西省发现有甜菜龟叶甲(*Cassida nebulosa* Linnaeus)和根蛆(*Tetanops sintenisi*)为害^[31-32];青海省的系统调查表明:藜麦田中鞘翅目害虫最多,其次为鳞翅目和半翅目,发生程度较重的虫害主要包括黄曲条跳甲、菠菜潜叶蝇和豌豆蚜^[33]。本研究在马尔康观察到的潜叶蝇和斜纹夜蛾在其他藜麦产区均有发生,其中潜叶蝇在青海发生较严重,虽然目前在马尔康及周边地区尚为害轻微,但仍需持续加强监测和预报。

藜麦的主要病害有霜霉病、叶斑病和根腐病^[34]。藜麦霜霉病是一种世界性病害,美洲发病较多,严重时发病率可达95%,减产约40%;它以合子形式附着在藜麦果皮上传播,因此新地区引种藜麦需注意防止病原体随种子带入^[35]。叶斑病的发生较为普遍,严重时可导致藜麦减产约25%,其病原菌为尾孢属(*Cercospora* Fresen)藜尾孢(*C. cf. chenopodii*)^[36]。

马尔康市病虫害发生轻微的原因可能是当地空气湿度小、冬季寒冷,1年1熟的耕作制度不利于害虫和病原菌繁衍,还可能与当地未大规模连作种植藜麦有关,若大规模长期种植须严密观测,防止病虫害流行对藜麦生产造成影响。流行一旦发生,建议采取生物防治手段,如藜麦潜叶蝇和斜纹夜蛾可采用糖醋液、发酵液及黑光灯等诱杀成虫;也可采用苏云金芽孢杆菌、球孢白僵菌、阿维菌素和苦参碱等生物药剂进行防治;藜麦叶斑病则可采用百菌清、春雷·王铜和多菌灵等药剂进行喷雾防治。张金良等^[37]提出防治藜麦叶斑病较好的策略是43%氟菌·肟菌酯悬浮剂和43%戊唑醇悬浮剂交替使用。

本研究表明:在阿坝州马尔康市5月下旬播种的情况下,大多数参试藜麦材料均能正常生长与结实,其农艺和品质性状均在国内外报道范围内,表明藜麦在阿坝州马尔康市试种成功,对该地区发展特色农业有积极意义。阿坝州海拔差异较大,夏季普遍温凉湿润,气候从亚热带到温

带、寒温带和寒带,呈明显的垂直性差异,除马尔康外,类似气候的地区也可推广种植。9种藜麦材料中,NX-1和CX-2综合表现最好,可作为上述地区的推广材料。由于藜麦种质多样性丰富,可加大藜麦资源引进力度,开展材料创新和品种改良工作,充分挖掘其生产潜力。

推广种植时,应注意以下问题。(1)藜麦品种间产量差异较大,选择丰产性好的品种可取得较好的效益。注意根据各地无霜期长短选择全生育期适宜的品种和播期。(2)藜麦生长期杂草生长旺盛,目前暂无有效化学防控措施,可覆盖地膜控制杂草生长,银膜效果好于黑膜。(3)藜麦幼苗长势较弱,移栽对长势影响较大,建议保证播种量避免后期移栽补苗。(4)藜麦较易穗发芽,若遇连续阴雨,部分籽粒外露变硬时即可收获,而不必等到整株叶片变黄脱落才收割。(5)避免连续轮作,对于藜麦病虫害的防治,应本着“预防为主、综合防治”的植物保护工作方针,分析本地区病虫害的种类、发生规律及为害特点,进行准确的预测预报,及早采取措施;注意轮作、间作和生物防治,促进有机藜麦生产。目前,藜麦栽培还存在出苗率不稳定、杂草防治难度大、易穗发芽和易倒伏等问题,下一步亟须开展相关技术研究。

4 结论

藜麦可在四川省阿坝州马尔康及生态条件类似的地区种植,种植时要注意选择适宜品种、适时早播和观测病虫害。此外,进一步筛选适宜品种并研发配套轻简栽培技术是下一步研究的重点。

[参考文献]

- [1] FILHO A M M, MONICA R P, JOAO T D S B, et al. Quinoa: nutritional, functional, and antinutritional aspects[J]. Critical Reviews in Food Technology, 2017, 57(8): 1618. DOI: [10.1080/10408398.2014.1001811](https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1001811).
- [2] BAZILE D, JACOBSEN S E, VERNIAU A. The global expansion of quinoa: trends and limits[J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 622. DOI: [10.3389/fpls.2016.00622](https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622).
- [3] KOZIOL M J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 1992, 5(1): 35. DOI: [10.1016/0889-1575\(92\)90006-6](https://doi.org/10.1016/0889-1575(92)90006-6).
- [4] JAN R, SAXENA D C, SINGH S. Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of glu-

- ten: free cookies made from raw and germinated *Chenopodium* (*Chenopodium album*) flour[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 71: 281. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.04.001.
- [5] ANDO H, CHEN Y C, TANG H J, et al. Food components in fractions of quinoa seed[J]. Food Science and Technology Research, 2002, 8(1): 80. DOI: 10.3136/fstr.8.80.
- [6] OGUNGBENLE H N. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour[J]. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2003, 54(2): 153. DOI: 10.1080/0963748031000084106.
- [7] 胡一晨, 赵钢, 秦培友, 等. 藜麦活性成分研究进展[J]. 作物学报, 2018, 44(11): 5. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2018.01579.
- [8] 姜庆国, 温日宇, 郭耀东, 等. 饲草藜麦对肉牛生长性能和营养物质消化率的影响[J]. 中国饲料, 2019, 6(6): 25. DOI: 10.15906/j.cnki.cn11-2975/s.20190605.
- [9] 任贵兴, 叶全宝. 藜麦生产与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [10] 贡布扎西. 西藏藜米遗传多样性、群体结构及其基因转录组探查[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [11] 林春, 刘正杰, 董玉梅, 等. 藜麦的驯化栽培与遗传育种[J]. 遗传, 2019, 41(11): 1009. DOI: 10.16288/j.yczs.19-177.
- [12] 蒋云, 杰布, 唐力为, 等. 四川藜麦种植前景分析[J]. 四川农业科技, 2019(2): 47. DOI: 10.3969/j.issn.1004-1028.2019.02.024.
- [13] BHARGAVA A, SHUKLA S, RAJAN S, et al. Genetic diversity for morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2007, 54(1): 167. DOI: 10.1007/s10722-005-3011-0.
- [14] MALIRO M F A, GUWELA V F, NYAIKA J, et al. Preliminary studies of the performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes under irrigated and rain-fed conditions of central Malawi[J]. Frontiers in Plant Science, 2017, 8: 227. DOI: 10.3389/fpls.2017.00227.
- [15] 李成祖. 格尔木市藜麦引种栽培技术试验研究[J]. 农业科技通讯, 2015(6): 94.
- [16] 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. DOI: 10.11733/j.issn.1007-0435.2018.05.034.
- [17] 时丕彪, 耿安红, 李亚芳, 等. 江苏沿海地区12个藜麦品种田间综合评价及优良品种的耐渍性分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(15): 64. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2018.15.017.
- [18] 周海涛, 刘浩, 么杨, 等. 藜麦在张家口地区试种的表现与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(1): 222. DOI: 10.13430/j.cnki.jpgr.2014.01.034.
- [19] FAOSTAT 2014[DB/OL]. [2020-01-30]. <http://faostat3.fao.org>.
- [20] BONIFACIO A. *Chenopodium* sp.: genetic resources, ethnobotany, and geographic distribution[J]. Food Reviews International, 2003, 19(1/2): 1. DOI: 10.1081/fri-120018863.
- [21] DELATORRE H J. Current use of quinoa in Chile[J]. Food Reviews International, 2003, 19(1/2): 155. DOI: 10.1081/fri-120018882.
- [22] 胡一波, 杨修仕, 陆平, 等. 中国北部藜麦品质性状的多样性和相关性分析[J]. 作物学报, 2017, 43(3): 464. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2017.00464.
- [23] 贡布扎西, 旺姆. 西藏南美藜营养品质评价[J]. 西北农业学报, 1995, 4(2): 85. DOI: 10.7606/j.issn.1004-1389.1995.2.016.
- [24] 赵亚东. 青海藜麦资源营养品质评价及功能成分与抗氧化活性研究[D]. 西宁: 青海大学, 2018.
- [25] 石振兴, 杨修仕, 么杨, 等. 60份国内外藜麦材料子粒的品质性状分析[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(1): 88. DOI: 10.13430/j.cnki.jpgr.2017.01.011.
- [26] 陈先敏, 梁效贵, 赵雪, 等. 历年国审玉米品种产量和品质性状变化趋势分析[J]. 中国农业科学, 2018, 51(21): 19. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2018.21.002.
- [27] 杨延兵, 秦岭, 陈二影, 等. 谷子籽粒蛋白质、脂肪、千粒重的遗传变异[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 819. DOI: 10.13430/j.cnki.jpgr.2017.05.003.
- [28] RASMUSSEN C, LAGNAOUI A, ESBJERG P. Advances in the knowledge of quinoa pests[J]. Food Reviews International, 2003, 19(1/2): 61. DOI: 10.1081/fri-120018868.
- [29] SIGSGAARD L, JACOBSEN S E, CHRISTIANSEN J L. Quinoa, *Chenopodium quinoa*, provides a new host for native herbivores in northern Europe: case studies of the moth, *Scrobipalpa atriplicella*, and the tortoise beetle, *Cassida nebulosa*[J]. Journal of Insect Science, 2008, 8: 50. DOI: 10.1673/031.008.5001.
- [30] 张金良, 杨建国, 岳瑾, 等. 藜麦田甜菜筒喙象生物学特性初步研究[J]. 植物保护, 2018, 44(4): 162. DOI: 10.16688/j.zwbh.2018097.
- [31] 邢赬, 秦卓, 杨福田, 等. 甜菜龟叶甲为害藜麦初报[J]. 中国植保导刊, 2019, 39(1): 39. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6820.2019.01.007.
- [32] 邢赬, 赵飞, 赵晓军, 等. 藜麦上首次发现根蛆(*Tetanops sintenisi*)为害[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(12): 38. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6820.2018.12.007.
- [33] 李秋荣, 李富刚, 魏有海, 等. 青海高原干旱地区藜麦害虫与天敌名录及5种害虫记述[J]. 植物保护, 2019, 45(1): 195. DOI: 10.16688/j.zwbh.2018166.
- [34] 任贵兴, 叶全宝. 藜麦生产与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [35] DANIELSEN S, MUNK L. Evaluation of disease assessment methods in quinoa for their ability to predict yield loss caused by downy mildew[J]. Crop Protection, 2004, 23(3): 219. DOI: 10.1016/j.cropro.2003.08.010.
- [36] 殷辉, 周建波, 吕红, 等. 藜麦尾孢叶斑病的病原鉴定[J]. 植物病理学报, 2019, 49(3): 408. DOI: 10.13926/j.cnki.apps.000289.
- [37] 张金良, 郭书辰, 梅丽, 等. 不同杀菌剂防治藜麦钉胞叶斑病试验研究初报[J]. 农业科技通讯, 2019, 566(2): 120. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6400.2019.02.042.

责任编辑: 何馨成