

青海高原藜麦资源农艺性状评价及产量相关分析

李 想^{1,2}, 朱丽丽^{1,2}, 张业猛^{1,2}, 权有娟^{1,2}, 代千千^{1,2}, 陈志国^{1,3,4*}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810008; 2. 中国科学院大学生命科学学院, 北京 100049;

3. 中国科学院高原生物适应与进化重点实验室, 西宁 810008; 4. 青海省作物分子育种重点实验室, 西宁 810008)

摘 要: 为研究藜麦农艺性状与产量关系, 以143份藜麦种质资源为试验材料, 对影响产量的主要农艺性状作相关性、主成分和聚类分析。结果表明, 藜麦种质资源类型丰富多样; 藜麦单株产量与农艺性状相关程度依次为: 冠幅、主穗直径、株高、主花序长、有效穗数、粒径、千粒重、种皮颜色、粒色、杆色、主穗紧凑程度、籽粒形状、生育期和穗色; 主成分分析前6个主成分累计贡献率达65.195%, 第一主成分主要与株型有关, 第二主成分与籽粒等级、色泽有关, 第三主成分与主花序类型有关, 第四主成分与藜麦产量有关, 第五主成分与植株颜色有关, 第六主成分与籽粒色泽有关; 聚类分析在类间距离为12时, 可分为6大类群, 其中第I、III类适合作为藜麦资源应用, 第II、IV、V、VI类可根据育种目标选配。

关键词: 藜麦; 农艺性状; 相关分析; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: Q949.745.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-9369(2020)10-0020-08

李想, 朱丽丽, 张业猛, 等. 青海高原藜麦资源农艺性状评价及产量相关分析[J]. 东北农业大学学报, 2020, 51(10): 20-27. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2020.10.03.

Li Xiang, Zhu Lili, Zhang Yemeng, et al. Evaluation of agronomic characters and yield correlation analysis of quinoa resources in Qinghai Plateau[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2020, 51(10): 20-27. (in Chinese with English abstract) DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2020.10.03.

Evaluation of agronomic characters and yield correlation analysis of quinoa resources in Qinghai Plateau/LI Xiang^{1, 2}, ZHU Lili^{1, 2}, ZHANG Yemeng^{1, 2}, QUAN Youjuan^{1, 2}, DAI Qianqian^{1, 2}, CHEN Zhiguo^{1, 3, 4}(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 2. School of Life Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 4. Qinghai Provincial Key Laboratory of Crop Molecular Breeding, Xining 810008, China)

Abstract: In order to study the relationship between yields and agronomic characters of quinoa, a total of 143 quinoa germplasm resources were used as materials to carry out correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis on the main agronomic characters affecting yields. The results showed that there were abundant germplasm resources in this quinoa; the correlation degree between yields per plant and agronomic characters of quinoa was crown width, main panicle diameter, plant height, main inflorescence length, effective panicle number, seed diameter, 1000-grain weight, seed coat color, seed color, rod color, main panicle compactness, seed shape, growth period

收稿日期: 2020-06-27

基金项目: 中国科学院种子创新研究院项目(INASEED); 海西州财政支持农业项目(HXNM-001); 青海省种子工程项目(2019016); 青海省重点研发与转化计划项目(2020-NK-122)

作者简介: 李想(1996-), 女, 硕士研究生, 研究方向为作物遗传育种。E-mail: lixiang895820@qq.com

*通讯作者: 陈志国, 研究员, 博士生导师, 研究方向为作物遗传育种。E-mail: zgchen@nwipb.cas.cn

and spike color. The cumulative contribution of the top six principal factors reached 65.195% in the principal component analysis. The first principal component was mainly related to the plant type, the second principal component was related to the seed grade and color, the third principal component was related to the main inflorescence type, the fourth principal component was related to the yield, the fifth principal component was related to the color of the plant, and the sixth principal component was related to the color of the seed. It could be divided into six categories according to cluster analysis when the distance among clusters was 12, among which categories I and III were suitable for quinoa resource application, and categories II, IV, V and VI could be screened according to breeding goals.

Key words: quinoa; agronomic character; correlation analysis; principal component analysis; cluster analysis

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd.), 亦称南美藜、奎奴亚藜, 系苋科藜属植物, 一年生草本^[1-2]。广泛种植于南美洲安第斯山脉, 遍及哥伦比亚、秘鲁、厄瓜多尔、玻利维亚和智利^[3]。栽培历史悠久, 是古印加民族备受推崇的传统食物之一^[4-5]。藜麦不是真正意义上的谷物, 而是一种籽粒类似于谷物的假谷类作物^[3]。藜麦作为一种全营养性食品, 蛋白质含量(13.1%~16.7%)高于水稻、玉米、大麦、黑麦, 与小麦接近^[6]; 氨基酸比例均衡、微量元素丰富^[7], 同时富含对人体有益生物活性物质, 被称为“超级谷物”^[8-9]。藜麦资源丰富、适应范围广, 耐干旱、耐盐碱、耐土壤瘠薄^[10-11], 广泛引种到美国、欧洲等多个国家和地区^[12-13]。20世纪末我国西藏农牧学院开始引种试验并试种成功^[14]。青海于2013年开始藜麦引种^[15], 近年来, 藜麦已在我国多地试种成功, 相关单位对藜麦开展一系列基础研究^[16-17]。但藜麦农艺性状评价和产量相关研究较少, 黄杰等分析38份藜麦种质资源相关性发现, 单株产量与冠幅呈显著正相关^[18]; 王艳青等分析国外引进的135份藜麦种质资源相关性, 发现单株产量与生育期呈极显著负相关, 与主花序长和千粒重呈显著正相关^[19]; 同时分析10个藜麦品系简单相关性, 发现单株产量与株高、茎粗、主茎分枝数和主花序分支数呈极显著正相关, 与主花序长呈显著正相关^[20]。

海东地区位于青海省东北部, 地处高原, 海拔1 650~2 835 m, 属半干旱大陆性气候, 高寒、干旱、日照充足、昼夜温差大, 与藜麦原产地安第斯山脉生态条件类似, 适宜藜麦生长。目前, 青海种植藜麦品种少、类型单一、产量不稳定, 而高产优质藜麦品种是提高藜麦产量及经济效益的前提, 准确评价藜麦资源农艺性状与产量相关

性, 了解二者在高原环境的相互依存关系, 是开展高产优质藜麦品种选育基础。本试验研究青海海东地区种植的143份藜麦种质资源农艺性状与产量相关性, 以期为藜麦品种选育提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试藜麦材料143份, 由青海三江沃土生态农业科技有限公司提供。

1.2 试验设计

田间试验于2019年在中国科学院西北高原生物研究所海东生态农业试验站开展, 试验地位于北纬36°47'45", 东经102°32'58", 海拔1 967 m。全年平均气温6.9℃, 全年≥10℃积温达2 442.6℃, 年降水量332.2 mm。试验采用随机区组设计。播种前整地, 施足底肥, 采用穴播方式, 株距30 cm, 行距40 cm, 行长3 m, 每品种种植2行, 重复3次。待幼苗长至6~7叶时间苗, 8~10叶时第二次间苗, 共间苗2次, 保证每穴1株。

1.3 测定项目及方法

藜麦成熟期调查相关农艺性状, 收获前每小区定点(每行中间)选取5个单株取样, 测量株高、有效穗数、主穗直径、冠幅、主花序长等, 待种子风干后, 测量千粒重、粒径、单株产量。具体记载项目见表1。

1.4 数据统计分析

Excel 2007整理数据后, 运用SPSS 22.0作相关、主成分和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 农艺性状和产量描述

由表2可知, 10个主要农艺性状变异系数为

6.48%~73.40%，其中有效穗数、单株产量变异系数和千粒重变异范围为10%~50%，生育期、粒径变数超过50%，株高、冠幅、主花序长、主穗直径变异系数低于10%。

表1 藜麦农艺性状记载标准

Table 1 Standards for recording agronomic traits of quinoa

性状 Traits	记载标准 Record standard
生育期 Growth period	从播种至成熟所历天数(d)
种皮颜色 Seed coat color	白=1、浅黄=2、黑=3、黄=4、银灰=5、棕=6、橘黄=7、深棕=8、浅棕=9、 玫红=10、土黄=11、灰白=12、橙=13、橘红=14
穗色 Spike color	黄绿=1、玫红=2、浅黄=3、橘黄=4、橘红=5、浅绿=6、浅红=7、深紫=8、 黄=9、绿=10、褐=11、紫=12
秆色 Rod color	玫红绿=1、浅黄=2、粉红=3、黄绿=4、红绿=5、浅绿=6、淡黄(白)=7、 浅红=8、红绿黄=9、玫红=10、紫绿红=11、绿=12、黄=13、红=14
有效穗数 Effective panicle number	主穗+有效分枝(个)
主穗紧凑程度 Main panicle compactness	中间=1、松散=2、紧凑=3
株高 Plant height	成熟期地面至植株最高处距离(cm)
冠幅(东西) Crown width(East, West)	藜麦穗东西方向宽度(cm)
冠幅(南北) Crown width(South, North)	藜麦穗南北方向宽度(cm)
主花序长 Main inflorescence length	成熟期主花序基部至顶端部距离(cm)
主穗直径 Main panicle diameter	成熟期主花序基部直径(cm)
单株产量 Yield per plant	成熟期单株籽粒风干重量,单位为 g
千粒重 1000-grain weight	1000粒成熟种子风干重量(g)
粒色 Seed color	橘红=1、橘黄=2、浅黄=3、深棕=4、白=5、黑=6、棕=7、橙=8
粒径 Seed diameter	测量藜麦籽粒直径时取测量粒宽、粒长平均值(mm)
籽粒形状 Seed shape	圆球形=1, 扁平形=2, 扁球形=3

表2 143份藜麦种质资源农艺性状和产量描述性分析

Table 2 Descriptive analysis of agronomic traits and yield of 143 quinoa germplasm resources

性状 Traits	最小值 Minimum value	最大值 Maximum value	平均值 Average value	标准差 Standard deviation	变异系数(%) Coefficient of variation	偏度 Skewness	峰度 Kurtosis
生育期 Growth period	181.00	222.00	186.67	12.09	6.48	2.50	4.57
有效穗数 Effective panicle number	1.00	30.33	8.70	6.38	73.40	1.07	0.80
株高 Plant height	163.67	300.00	216.20	30.77	14.23	0.33	-0.60
冠幅(东西) Crown width(East, West)	14.33	129.00	45.85	19.76	43.09	1.06	1.63
冠幅(南北) Crown width(South, North)	14.33	113.50	38.82	16.73	43.11	1.37	2.91
主花序长 Main inflorescence length	54.60	171.00	93.02	18.70	20.11	0.82	1.61
主穗直径 Main panicle diameter	1.00	3.53	2.18	0.50	22.93	0.15	-0.07
单株产量 Yield per plant	5.16	308.59	68.60	47.86	69.76	1.98	6.33
千粒重 1000-grain weight	1.04	6.74	2.19	0.62	28.20	2.72	19.26
粒径 Seed diameter	1.37	2.16	1.78	0.16	9.11	-0.07	-0.30

2.2 农艺性状间与产量相关性分析

参考粮食作物高粱产量评价标准,分析藜麦资源主要农艺性状。

藜麦单株产量与农艺性状相关程度高低依次

为:冠幅(东西)、冠幅(南北)、主穗直径、株高、主花序长、有效穗数、粒径、千粒重、种皮颜色、粒色、秆色、主穗紧凑程度、籽粒形状、生育期、穗色(见表3)。

表3 藜麦主要农艺性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of major agronomic characters in quinoa

相关系数 Correlation coefficient	生育期 Growth period	种皮颜色 Seed coat color	穗色 Spike color	杆色 Rod color	有效穗数 Effective panicle number	主穗紧凑程度 Main Panicle compactness	株高 Plant height	冠幅(东西) Crown width (East-West)	冠幅(南北) Crown width (South-North)	主花序长 Main inflore- scence length	主穗直径 Main panicle diameter	单株产量 Grain weight per plan	千粒重 1000-grain weight	粒色 Seed color	粒径 Seed diameter
种皮颜色 Seed coat color	-0.085														
穗色 Spike color	-0.003	0.103*													
杆色 Rod color	-0.074	-0.046	0.127**												
有效穗数 Effective panicle number	-0.227**	-0.146**	0.035	0.014											
主穗紧凑程度 Main Panicle compactness	0.045	-0.110*	0.065	0.067	0.130**										
株高 Plant height	0.096*	-0.151**	-0.051	-0.119**	0.390**	0.056									
冠幅(东西) Crown width (East, West)	0.156**	-0.080	-0.072	-0.045	0.273**	-0.094*	0.486**								
冠幅(南北) Crown width (South, North)	0.149**	-0.074	-0.072	-0.059	0.244**	-0.089*	0.473**	0.863**							
主花序长 Main inflorescence length	0.221**	-0.145**	0.002	-0.009	0.248**	0.072	0.602**	0.553**	0.560**						
主穗直径 Main panicle diameter	-0.023	-0.087	-0.009	0.019	0.405**	0.134**	0.454**	0.473**	0.464**	0.515**					
单株产量 Yield per plant	-0.137**	0.028	-0.189**	-0.043	0.289**	-0.044	0.333**	0.561**	0.544**	0.327**	0.430**				
千粒重 1000-grain weight	-0.065	0.172**	0.026	0.018	-0.009	0.043	-0.043	0.047	0.044	-0.025	0.087	0.152**			
粒色 Seed color	-0.032	0.113*	-0.023	-0.089*	-0.007	-0.118**	0.058	0.004	-0.019	-0.006	-0.034	0.021	-0.074		
粒径 Seed diameter	-0.001	0.190**	-0.045	0.121**	-0.002	0.205**	-0.021	0.048	0.063	-0.052	0.146**	0.270**	0.286**	-0.096*	
籽粒形状 Seed shape	-0.102*	0.040	0.051	-0.021	-0.051	0.024	-0.003	-0.136**	-0.150**	-0.010	-0.045	-0.073	0.066	0.044	0.061

注：**在置信度(双测)为0.01时，相关性极显著。*在置信度(双测)为0.05时，相关性显著。

Note: **When the confidence (double test) is 0.01, the correlation is extremely significant. *When the confidence (double test) is 0.05, the correlation is significant.

通过分析,藜麦各农艺性状之间相关程度不同。单株产量与冠幅、主花序长、主穗直径、千粒重、株高、粒径、有效穗数呈极显著正相关,与生育期呈极显著负相关;生育期与冠幅、主花序长呈极显著正相关,与株高呈显著正相关,与有效穗数呈极显著负相关,与籽粒形状呈显著负相关;种皮颜色与千粒重、粒径呈极显著正相关,与穗色、粒色呈显著正相关,与有效穗数、主花序长、株高呈极显著负相关,与主穗紧凑程度呈显著负相关;秆色与粒径呈极显著正相关,与株高呈极显著负相关、与粒色呈显著负相关;有效穗数与主穗紧凑程度、株高、冠幅、主穗直径、主花序长呈极显著正相关;主穗紧凑程度与主穗直径、粒径呈极显著正相关,与冠幅呈显著负相关,与粒色呈极显著负相关;株高与冠幅(南北)、主花序长、主穗直径、千粒重呈极显著正相关;冠幅与主花序长、主穗直径呈极显著正相关,与籽粒形状呈极显著负相关;主花序长与主穗直径呈极显著正相关;主穗直径与粒径呈极显著正相关;千粒重与粒径呈极显著正相关;粒色与粒径呈显著负相关。以上结果说明,各农艺性状之间相互影响,任何个性状值增减均可能

影响藜麦产量,因此在品种选育时应综合分析各农艺性状,注重性状之间协调性。

2.3 藜麦农艺性状与产量主成分分析

运用SPSS 22.0分析143份藜麦16个农艺性状主成分,计算各主成分特征值及贡献率(见表4)。结果表明,农艺性状主要信息集中在前6个主成分中,累计贡献率为65.195%。第一主成分特征值为3.837,贡献率为23.981%,株高、冠幅、主花序长、主穗直径、单株产量为主要指标,此类性状主要与株型有关。第二主成分特征值为1.670,贡献率为10.410%,粒径、千粒重、种皮颜色为主要指标,此类性状主要与藜麦籽粒等级、色泽有关。第三主成分特征值为1.430,贡献率为8.920%,主穗紧凑程度、有效穗数、主穗直径为主要指标,此类性状与藜麦主花序类型有关;第四主成分特征值为1.291,贡献率为8.069%,有效穗数、单株产量为主要指标,此类性状主要与藜麦单株产量有关;第五主成分特征值为1.130,贡献率为7.063%,穗色、秆色为主要指标,此类性状主要与植株颜色有关;第六主成分特征值为1.080,贡献率为6.752%,粒色为主要指标,此类性状主要与籽粒色泽有关。

表4 藜麦农艺性状主成分分析

Table 4 Principal component analysis of agronomic characters in quinoa

性状 Traits	因子1 Factor 1	因子2 Factor 2	因子3 Factor 3	因子4 Factor 4	因子5 Factor 5	因子6 Factor 6
生育期 Growth period	0.085	-0.007	0.117	-0.656	0.020	0.003
种皮颜色 Seed coat color	-0.007	0.332	-0.365	-0.049	0.204	0.155
穗色 Spike color	0.062	-0.015	-0.083	-0.038	0.757	0.070
秆色 Rod color	-0.022	0.042	0.060	0.135	0.416	-0.424
有效穗数 Effective panicle number	0.099	-0.129	0.128	0.450	0.059	0.035
主穗紧凑程度 Main panicle compactness	-0.006	0.085	0.573	-0.036	0.006	0.145
株高 Plant height	0.210	-0.111	0.089	0.004	0.002	0.236
冠幅(东西) Crown width(East-West)	0.229	0.035	-0.156	-0.085	0.008	-0.134
冠幅(南北) Crown width(South-North)	0.226	0.043	-0.151	-0.101	0.001	-0.145
主花序长 Main inflorescence length	0.236	-0.076	0.079	-0.158	0.130	0.125
主穗直径 Main panicle diameter	0.181	0.051	0.125	0.127	0.071	0.044
单株产量 Yield per plant	0.130	0.200	-0.115	0.186	-0.200	-0.098
千粒重 1000-grain weight	0.002	0.423	0.006	-0.029	0.019	0.048
粒色 Seed color	0.041	-0.077	-0.325	0.070	0.024	0.392
粒径 Seed diameter	-0.010	0.479	0.180	-0.047	-0.084	-0.023
籽粒形状 Seed shape	0.002	0.097	0.122	0.011	0.041	0.610
特征值 Eigenvalue	3.837	1.670	1.430	1.291	1.130	1.080
贡献率(%) Contribution rate	23.981	10.410	8.920	8.069	7.063	6.752
累计贡献率(%) Cumulative contribution rate	23.981	34.391	43.311	51.380	58.443	65.195

2.4 藜麦农艺性状与产量聚类分析

根据 143 份藜麦种质农艺性状, 利用 SPSS 22.0 作平均联接(组间)、欧式距离系统聚类分析, 结果见图 1。在类间距离为 12 时, 可将 143 份藜麦种质资源分为 6 类。

由图 1 和表 5 可知, 第一类包含 108 份藜麦种质, 主要特征为有效穗数、单株产量、千粒重、粒径值相对较低, 株高最矮, 冠幅、主穗直径最小, 主花序最短, 由于这类种质数量大, 资源丰富, 50 份单株产量高于均值, 54 份千粒重高于均值, 53 份粒径高于均值, 其中有 26 份藜麦种质单株产量、千粒重、粒径值均高于该类平均值, 占该类 24.07%, 可依据育种目标筛选出特异种质加

以利用; 第二类包含 27 份藜麦种质, 主要特征为中熟、有效穗数、株高、主花序长、单株产量、千粒重、粒径处于中间水平, 冠幅相对较小, 可进一步筛选出依靠群体增产的藜麦品种。第三类仅有 1 个种质, 该类属于晚熟、株高最高、主花序最长、千粒重最小、籽粒最小、产量低藜麦, 达不到生产标准, 作为育种资源加以保留; 第四类含 5 份藜麦种质, 特征为成熟相对较早, 株高中等, 冠幅、籽粒相对较大, 产量适中; 第五、六类均仅有 1 份种质, 熟期一致、株高中等, 但第五类有效穗数最多, 千粒重最大, 第六类籽粒大、冠幅大、单株产量高, 可作为高产种质进一步筛选利用。

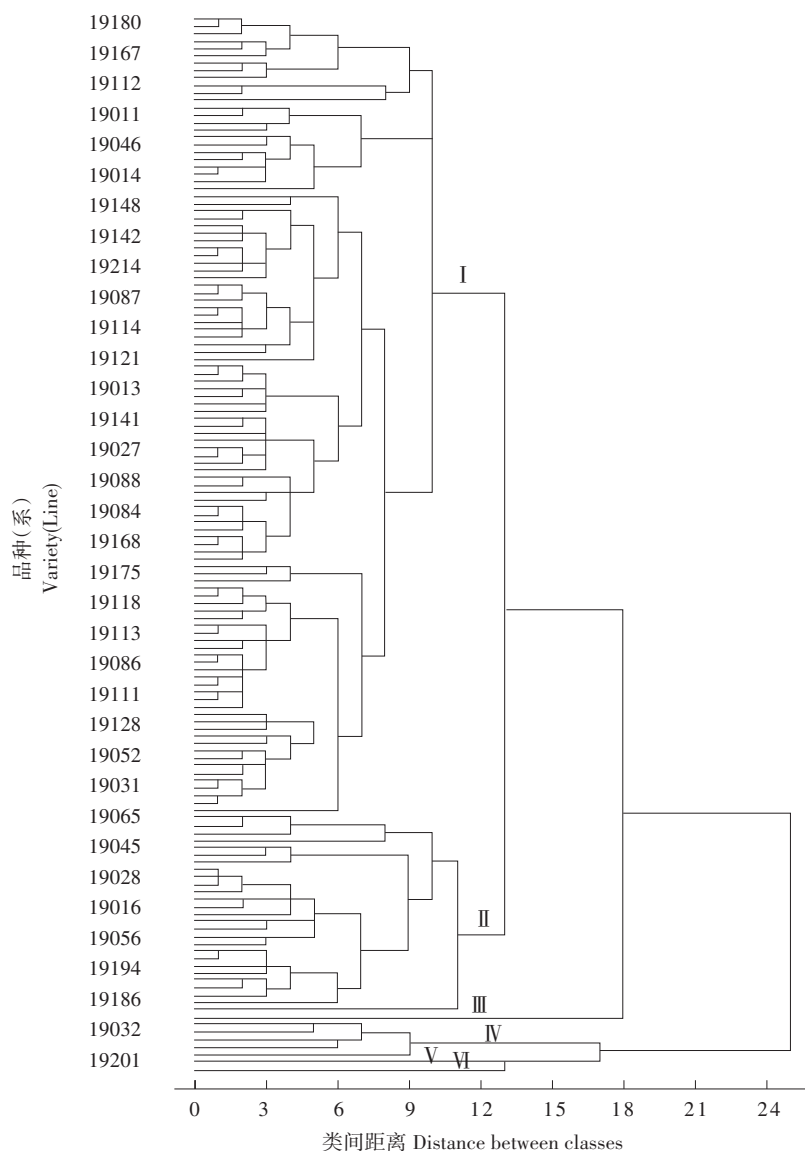


图 1 藜麦农艺性状聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of quinoa agronomic traits

表5 聚类后藜麦种质数量性状统计

Table 5 Quantitative trait statistics of quinoa germplasm after clustering

类群 Group	种质数 Germplasm number	生育期(d) Growth period	有效穗数(个) Effective panicle number	株高 (cm) Plant height	冠幅(东西) (cm) Crown width (East, West)	冠幅(南北) (cm) Crown width (South, North)	主花序长(cm) Main inflorescence length	主穗直径 (cm) Main panicle diameter	单株产量 (g) Yield per plant	千粒重 (g) 1000-grain weight	粒径 (mm) Seed diameter
I	108	187	8	206.74	39.73	33.67	88.06	2.05	49.51	2.11	1.76
II	27	187	11	243.87	58.62	49.10	104.79	2.53	107.94	2.42	1.85
III	1	192	7	287.50	57.00	63.00	171.00	2.65	24.84	1.53	1.63
IV	5	182	12	244.47	82.40	70.03	111.27	2.60	187.69	2.51	1.88
V	1	181	26	242.50	85.00	61.50	89.50	3.20	277.17	3.21	1.95
VI	1	183	10	252.50	129.00	113.50	144.50	3.50	308.59	2.72	1.98

3 讨论与结论

种质资源是作物遗传改良基础,新品种培育离不开优质种质资源利用,掌握种质资源农艺性状对种质创新具有重大意义^[21-22]。从143份藜麦种质资源在青海海东地区农艺性状分析结果可知,藜麦资源多样性丰富,其中冠幅与藜麦单株产量相关性最强,冠幅越大单株产量越高,而冠幅是藜麦主花序表现指标,可见藜麦产量低主要受主花序影响,与黄杰等研究结果一致^[18];主穗直径、株高和有效穗数均与产量呈正相关,单株产量与全生育期呈极显著负相关,与前人研究结果一致^[19,23]。

王艳青等通过分析135份国外藜麦种质,得到5个主成分,分别影响株型、花序型和生育期、植株和花序颜色、产量、籽粒等级和形状、籽粒颜色等^[19]。黄杰等研究同样得到3个主成分,分别影响生育期与冠幅、单株产量、株高等^[18]。分析143份种质资源主成分,将16个农艺性状划分为6个主成分,分别反映藜麦株型、籽粒、主花序、产量、植株颜色和粒色等特征,这些性状是决定藜麦种质资源多样性主要因素。

通过聚类分析,将143份藜麦划分为6个类群,类群间具有明显差异,初步明确供试藜麦大致类型,可根据不同育种目标加以选择利用。其中,第I类包含数量最多,其有效穗数、单株产量、千粒重、粒径相对较低,株高最矮,冠幅、主穗直径最小,主花序最短,无法在生产上直接利用,可作为特异种质使用;第II类资源生育期、有效穗数、株高、主花序长、单株产量、千粒

重、粒径处于中间水平,冠幅相对较小,在实际生产中可作为靠群体增产的藜麦品种(系)种植;第III类晚熟、千粒重最小、籽粒最小,籽粒达不到藜麦生产加工标准,可作为资源保留。第IV类成熟相对较早,株高中等,冠幅、籽粒较大,产量适中;第V类有效穗数最多、千粒重最重;第VI类是籽粒大、冠幅大、单株产量高资源。V、VI类群熟期一致、株高中等、籽粒较大,具有较大利用价值,是目前高原藜麦杂交育种的优质亲本材料。

通过以上分析认为,影响藜麦产量高低主要因素为冠幅、主穗直径、主花序长、株高等。本试验初步分析143份藜麦种质资源农艺性状,然而作物形态学表征易受环境影响,今后需结合分子标记技术对这些资源作多年多点试验及测定,以精确农艺性状表现,同时结合商品性、品质分析等方面综合评价,最终确定藜麦资源用途。

[参 考 文 献]

- [1] 庞春花,华艳宏,张永清,等.不同磷水平下施加腐植酸对藜麦生理特性及产量的影响[J].中国农业科技导报,2019,21(4):143-150.
- [2] 刘文瑜,杨发荣,黄杰,等.NaCl胁迫对藜麦幼苗生长和抗氧化酶活性的影响[J].西北植物学报,2017,37(9):1797-1804.
- [3] Matiacevich S B, Castellión M L, Maldonado S B, et al. Water-dependent thermal transitions in quinoa embryos[J]. *Thermochemica Acta*, 2006, 448(2): 117-122.
- [4] 岳凯,魏小红,刘文瑜,等.PEG胁迫下不同品系藜麦抗旱性评价[J].干旱地区农业研究,2019,37(3):52-59.

- [5] 赵颖, 魏小红, 赫亚龙, 等. 混合盐碱胁迫对藜麦种子萌发和幼苗抗氧化特性的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(2): 156-167.
- [6] Vilcacundo R, Hernández-Ledesma B. Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Current Opinion in Food Science, 2017, 14: 1-6.
- [7] Abugoch J L E. Chapter1 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, nutritional, and functional properties[J]. Advances in Food and Nutrition Research, 2009, 58: 1-31.
- [8] Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: A review[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2010, 90(15): 2541-2547.
- [9] Jarvis D E, Kopp O R, Jellen E N, et al. Simple sequence repeat marker development and genetic mapping in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)[J]. Journal of Genetics, 2008, 87(1): 39-51.
- [10] Jacobsen S E, Mujica A, Jensen C R. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to aversive abiotic factors[J]. Food Reviews International, 2003, 19: 1-2, 99-109.
- [11] Wilson C, Read J J, Abo-Kassem E. Effect of mixed-salt salinity on growth and ion relations of a quinoa and a wheat variety[J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(12): 2689-2704.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 赵亚东, 党斌, 杨希娟, 等. 青海藜麦皂苷超声提取工艺及抗氧化活性[J]. 食品工业科技, 2017, 38(19): 45-51, 62.
- [16] 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.
- [17] 姚有华, 白羿雄, 吴昆仑. 亏缺灌溉对藜麦光合特性、营养品质和产量的影响[J]. 西北农业学报, 2019, 28(5): 713-722.
- [18] 黄杰, 刘文瑜, 吕玮, 等. 38份藜麦种质资源农艺性状与产量的关系分析[J]. 甘肃农业科技, 2018(12): 72-75.
- [19] 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.
- [20] 王艳青, 李勇军, 李春花, 等. 藜麦主要农艺性状与单株产量的相关和通径分析[J]. 作物杂志, 2019(6): 156-161.
- [21] 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.
- [22] 刘伟, 张荣昌, 付久才, 等. 黑龙江省水稻种质资源农艺性状与产量关系的分析[J]. 中国稻米, 2016, 22(3): 39-42.
- [23] 王艳青, 卢文洁, 李春花, 等. 10个藜麦新品系主要农艺性状分析与综合评价[J]. 南方农业学报, 2019, 50(3): 540-545.