



# 陇东旱塬区复种不同藜麦品种(系)的适应性初步评价

魏玉明, 杨发荣, 刘文瑜, 黄 杰, 金 茜, 王 昶

(甘肃省农业科学院 畜草与绿色农业研究所, 兰州 730070)

**摘 要** 为分析不同藜麦品种(系)在陇东雨养地区夏播复种的生态适应性,以 12 个藜麦品种(系)为材料,对其物候期、农艺性状、经济性状、品质性状等指标进行考察,采用相关性分析、主成分分析和聚类分析法对其适应性进行综合评价。结果表明:供试的 12 个藜麦品种(系)除 LY-2 无法复种成熟外,其余的 11 个品种(系)均能完成生育期;对其 19 个性状进行相关性分析表明,单位面积籽粒产量与单株粒质量和千粒质量呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),而与根倒率、茎倒率呈极显著负相关( $P < 0.01$ );株高与千粒质量呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),籽粒粗蛋白和淀粉分别与籽粒直径和千粒质量呈极显著正相关( $P < 0.01$ );对其 15 个性状指标进行主成分分析和聚类分析,对提出的 5 个主成分累计贡献率达 85.04%,根据综合得分,筛选出适应性最好、得分最高的 2 个品种(系)‘陇藜 4 号’和‘Q2’;聚类分析表明,11 个藜麦品种(系)系统聚为 3 大类型,各品种(系)间性状与遗传距离方面存在较大差异,其中第三类产量最高,第二类有矮秆、早熟等特性,可根据生产需要和育种目标进行综合考虑。

**关键词** 陇东旱塬区;藜麦;复种;适应性

**中图分类号** S565

**文献标志码** A

**文章编号** 1004-1389(2020)05-0675-12

藜麦(*Chenopodium quinoa*)是原产于安第斯山脉的苋科藜属一年生双子叶常异花植物,具有耐寒、耐旱、耐低温、耐盐碱、耐瘠薄等特性<sup>[1-2]</sup>,籽粒中富含丰富的营养价值<sup>[3-4]</sup>,在中国西藏、青海、甘肃、山西、内蒙古等高海拔冷凉地区均有种植<sup>[5]</sup>。尤其对于干旱、阴湿、冷凉环境具有较强的适应性,已成为西北边远贫困地区农民致富的主要来源之一<sup>[6-8]</sup>。

陇东旱塬区位于黄土高原腹地,属于干旱半干旱雨养地区,年降水的 70%集中于 7—9 月,恰逢夏播复种作物生长旺季,正好错过秋播作物主要需水期(4—6 月),辐射高值出现期正是复种作物生长旺季。该区域在同纬度地区水热耦合最优,尤其有利于复种作物生长<sup>[9-10]</sup>。藜麦是典型的喜冷凉作物<sup>[7]</sup>,冬油菜收获后,利用闲置土地和凉爽阴润的条件发展中早熟品种藜麦或饲草型藜麦,不但可以调整当地传统的种植业结构,而且提高了土地资源的利用率,对增加农民收入具有重要作用。近年来,有关藜麦的研究主要集中营养

价值开发、抗逆性研究、引种适应性等方面<sup>[11-18]</sup>,但大多集中在北方高寒一熟地区,对热量相对充足的两年三熟地区的夏播复种藜麦未见报道。因此,本试验根据陇东地区夏闲期气候特点,通过对 12 个藜麦品种(系)的物候期、农艺性状、经济性状和品质性状进行综合评价,筛选出适宜复种的藜麦品种(系),为陇东旱塬区藜麦育种和复种栽培提供数据参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验概况

试验地位于庆阳市宁县南义乡马泉村,属半干旱气候,典型的雨养农业区。海拔 1 124 m,年降水量 480~660 mm,主要集中在 7—9 月,年均温 10.4 °C,≥10 °C 年积温 3 305.5 °C·d,无霜期 190 d,生育期≥10 °C 年积温 2 986.75 °C。前茬为冬油菜,土壤为黄绵土,有机质 12.1%,全盐量 0.083%,速效氮 116.0 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷 36.0 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾 189.0 mg·kg<sup>-1</sup>,pH 8.60。

**收稿日期:**2019-07-10 **修回日期:**2019-12-02

**基金项目:**国家自然科学基金(31660357);甘肃省科技重大专项(18ZD2NA008-2);兰州市重大科技项目(2017-2-5);甘肃省农业科学院成果转化项目(2017GAAS-CGZH03)。

**第一作者:**魏玉明,男,硕士,副研究员,从事藜麦育种栽培及饲料化利用研究。E-mail: weiyuming513@163.com

**通信作者:**杨发荣,男,学士,研究员,从事藜麦育种与栽培研究。E-mail: lzyfr08@163.com

1.2 供试材料

试验材料品种(系)、来源等详细信息见表 1 所示。

1.3 试验设计

试验于 2016 年 6 月 10 日冬油菜收割完毕,6 月 16 日雨后抢墒播种,播前一次性施肥(藜麦专用肥 N:P:K=13:15:7)300 kg·hm<sup>-2</sup>,对

土地旋耕、耙耱、镇压,做到土质紧实,墒足平整。试验采用随机区组设计,小区面积为 24 m<sup>2</sup>,露地穴播,播种量 4.5 kg·hm<sup>-2</sup>,播种深度 2~3 cm,株距 30 cm,行距 40 cm,区间走到宽 60 cm,重复 3 次,6~8 叶期间苗、定苗,每穴留苗一株,保苗 82 500 株·hm<sup>-2</sup>,同时及时除草、培土,田间管理同常规大田管理。

表 1 藜麦品种(系)及特性

Table 1 Sources and characteristics of quinoa varieties(lines)

| 品种(系)<br>Variety(Lines) | 来源<br>Source                                                                                                                           | 千粒质量/g<br>Thousand grain mass | 发芽率/%<br>Germinating rate |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 陇藜 1 号<br>Longli No. 1  | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品种)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(variety ) | 3.09                          | 95                        |
| 陇藜 3 号 Longli No. 3     | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品种)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(variety ) | 2.46                          | 85                        |
| 陇藜 4 号 Longli No. 4     | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品种)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(variety ) | 3.09                          | 95                        |
| Q1                      | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品系)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(lines)    | 3.04                          | 88                        |
| Q2                      | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品系)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(lines)    | 3.11                          | 84                        |
| Q3                      | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品系)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(lines)    | 3.07                          | 84                        |
| Q4                      | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品系)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(lines)    | 3.28                          | 82                        |
| Q5                      | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品系)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(lines)    | 1.93                          | 70                        |
| Q6                      | 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所(品系)<br>Animal Husbandry,Pasture and Green Agriculture Institute of Gan-su Academy of Agricultural Science(lines)    | 3.22                          | 89                        |
| LY-1                    | 正宁县农技推广中心<br>Zhengning Extension Center for Agricultural Technology,Gansu                                                              | 2.77                          | 78                        |
| LY-2                    | 宁夏香山藜麦种植基地<br>Xiangshan Quinoa Planting Base of Ningxia                                                                                | 3.46                          | 80                        |
| LY-3                    | 山西稼祺藜麦开发有限公司<br>Shanxi Jiaqi Quinoa Co.,Ltd                                                                                            | 3.44                          | 82                        |

注:所引选的材料名称均以品种(系)或代号表示,下同。

Note:The selected materials are expressed by varieties(lines) or code number,the same below.

1.4 测定指标与方法

- 1.4.1 出苗率 出苗率=出苗穴数/播种总穴数×100%
- 1.4.2 物候期 从播种当年开始记载各个材料的出苗期、显穗期、初花期、灌浆期、成熟期。
- 1.4.3 农艺性状 每份材料选取 5 株,重复 3 次,株高:从地面至植株生长最高部位的距离;有效分枝数:从贴近地面处数取每株分枝数中结实

- 的分枝记为有效分枝数;主穗长:主穗基部至穗顶距离;冠幅:植株南北和东西方向宽度的平均值;同时观测主穗颜色、籽粒颜色和穗型。
- 1.4.4 经济性状 千粒质量:每份材料随机选取 1 000 粒种子,进行称量;粒径:籽粒的最大宽度,用游标卡尺测定籽粒的最大直径;产量:去除边行收获并按小区计产,根据单株面积计算单位面积藜麦籽粒产量,随机选取 10 株考种,脱粒、晾晒后

称量。倒伏率:于成熟期统计每份材料每个小区倒伏株数,包括根倒伏和茎倒伏,根倒伏是植株自地表处同根系一起倾斜歪倒,根倒伏=根倒伏总株数/总株数 $\times 100\%$ ;茎倒伏是植株从基部以上某个节位折断,茎倒率=茎秆折断株数/总株数 $\times 100\%$ <sup>[19]</sup>。以上指标均重复 3 次,取平均值。

1.4.5 品质分析 干物质采用烘干法(GB/T

20264-2006),粗蛋白采用凯氏定氮法(NY/T 3-1982),粗脂肪采用索氏抽提法(NY/T1285-2007),淀粉采用蒽酮法(NY/T 11-1985);赖氨酸采用染色结合法(GB 4801-1984),全磷采用酸溶-钼钼黄比色法(GB 6437-2002)<sup>[2,4,20]</sup>。

1.4.6 数据标准化 如表 2 所示,对穗型、穗色、粒色等质量型性状予以赋值<sup>[8,20-22]</sup>。

表 2 质量性状赋值

Table 2 Quality traits assignment

| 性状 Character   | 赋值 Assignment                                                                                                                                                                                                              |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 穗型 Ear type    | 松散型=-1,半紧凑=0,紧凑型=1 Loose type = -1,semi-compact = 0,compact = 1                                                                                                                                                            |
| 穗色 Ear color   | 浅红色=-5,粉色=-4,玫红=-3,红色=-2,乳黄=-1;黄色=0,橘黄=1,金黄色=2,灰绿色=3,紫色=4,多色(两种以上)=5<br>light red = -5,pink = -4,rose red = -3,red = -2,milk yellow = -1,yellow = 0,orange = 1, golden = 2,gray = 3,purple = 4,multicolor(two or more) = 5 |
| 粒色 Grain color | 黑色=-3,黑褐色=-2,灰白=-1,白色=0,黄色=1,金黄色=2,红色=3<br>Black = -3,dark brown = -2,gray = -1,white = 0,yellow = 1,golden = 2,red = 3                                                                                                    |

### 1.5 数据分析

采用 Microsoft Excel 2010 进行数据整理,以“平均值 $\pm$ 标准差”表示测定结果,利用 SPSS 19.0 对所测数据统计分析,不同品种(系)间同一指标进行单因素方差分析,用 Duncan’s 检验法进行差异显著性比较,并对各性状指标进行相关性分析、主成分分析及聚类分析,其中主成分分析采用降维—因子分析法,聚类方法采用系统聚类

—平方欧式距离—离差平方和法。

## 2 结果与分析

### 2.1 出苗率

复种后 12 个藜麦品种(系)出苗率间存在显著差异(表 3),其中‘陇藜 4 号’达到 100%,其余品种(系)均达到 80%以上,这与试验地土壤含水量低和不同品种(系)种子活力差异有关。

表 3 不同藜麦品种(系)出苗率

Table 3 Emergence rates of different quinoa varieties(lines)

| 品种(系)<br>Variety(lines) | 陇藜 1 号<br>Longli No. 1 | 陇藜 3 号<br>Longli No. 3 | 陇藜 4 号<br>Longli No. 4 | Q1   | Q2   | Q3   | Q4   | Q5   | Q6   | LY-1 | LY-2 | LY-3 |
|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 出苗率/%<br>Emergence rate | 95.3                   | 89.5                   | 100.0                  | 80.0 | 80.5 | 82.3 | 85.6 | 83.4 | 87.7 | 80.3 | 90.3 | 88.6 |

### 2.2 物候期

由表 4 所示,复种后各品种(系)在 5~8 d 内均可出苗,其中:‘陇藜 3 号’‘陇藜 4 号’和‘Q1’出苗较快,‘陇藜 3 号’‘Q1’和‘LY-1’生育周期比其他品种(系)短 2~13 d,属早熟品种;‘陇藜 1 号’‘LY-3’和‘陇藜 4 号’属中熟品种;生育期最长的是‘LY-2’,属晚熟品种,未能达到成熟收获标准,籽粒灌浆缓慢,产量品质欠佳,不适宜冬油菜茬后复种。

### 2.3 农艺性状

复种后 12 个品种(系)农艺性状如表 5,数量性状间差异显著( $P<0.05$ )。‘陇藜 4 号’‘LY-3’株高显著高于其他各品种(系),而‘LY-1’‘陇藜 3 号’株高显著低于其他品种(系),其余各品种(系)间差异不显著。‘陇藜 4 号’和‘LY-3’冠幅显著

( $P<0.05$ )高于其余各品种(系),分别达 47.50 cm 和 43.33 cm,冠幅最小的是‘LY-2’,为 25.67 cm。‘陇藜 4 号’主穗长 43.33 cm,主穗长度大小顺序依次是‘陇藜 1 号’=‘Q1’=‘陇藜 4 号’>‘Q2’>‘LY-3’>‘Q4’>‘陇藜 3 号’>‘Q3’=‘Q6’>‘Q5’。‘陇藜 4 号’和‘Q6’有效分枝数差异显著( $P<0.05$ ),‘陇藜 4 号’最多,平均达到 17.67 个,‘Q6’最少,平均仅为 7.33 个。复种后 12 个品种(系)质量性状有所差异,‘Q1’‘Q2’‘LY-1’穗色呈黄色。‘陇藜 1 号’‘陇藜 3 号’‘陇藜 4 号’‘Q1’‘Q2’‘LY-1’在该地区株型均呈紧凑型,而‘LY-2’呈松散型,其余各品种(系)呈半紧凑型。籽粒颜色除‘LY-3’由白色变为灰白色以外,其他品种(系)均于种子颜色保持一致。

表 4 不同藜麦品种(系)物候期

Table 4 Growth periods of different quinoa varieties(lines)

| 品种(系)<br>Variety<br>(lines) | 播种<br>Sowing | 出苗<br>Seedling<br>date | 显穗<br>Spike<br>date | 初花<br>Initial<br>flowering | 灌浆<br>Grouting<br>period | 成熟<br>Mature<br>period | 生育期/d<br>Growth<br>period |
|-----------------------------|--------------|------------------------|---------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|
| 陇藜 1 号 Longli No. 1         | 06-16        | 06-22                  | 07-30               | 08-11                      | 09-04                    | 10-11                  | 118                       |
| 陇藜 3 号 Longli No. 3         | 06-16        | 06-21                  | 07-26               | 08-05                      | 08-26                    | 10-02                  | 109                       |
| 陇藜 4 号 Longli No. 4         | 06-16        | 06-21                  | 07-29               | 08-07                      | 09-02                    | 10-16                  | 122                       |
| Q1                          | 06-16        | 06-21                  | 07-25               | 08-03                      | 08-24                    | 10-02                  | 109                       |
| Q2                          | 06-16        | 06-22                  | 08-01               | 08-10                      | 09-01                    | 10-04                  | 111                       |
| Q3                          | 06-16        | 06-24                  | 07-26               | 08-05                      | 08-26                    | 10-04                  | 111                       |
| Q4                          | 06-16        | 06-22                  | 07-29               | 08-08                      | 08-26                    | 10-04                  | 111                       |
| Q5                          | 06-16        | 06-24                  | 08-01               | 08-11                      | 08-31                    | 10-04                  | 111                       |
| Q6                          | 06-16        | 06-22                  | 07-27               | 08-05                      | 08-26                    | 10-04                  | 111                       |
| LY-1                        | 06-16        | 06-23                  | 08-05               | 08-05                      | 08-24                    | 10-02                  | 109                       |
| LY-2                        | 06-16        | 06-22                  | 08-17               | 09-23                      | 10-15                    | /                      | /                         |
| LY-3                        | 06-16        | 06-24                  | 08-02               | 08-12                      | 09-03                    | 10-11                  | 118                       |

表 5 不同藜麦品种(系)农艺性状

Table 5 Agronomical character of different quinoa varieties(lines)

| 品种(系)<br>Variety(lines) | 株高/cm<br>Height | 冠幅/cm<br>Crown | 主穗长/cm<br>Ear length | 有效分枝数<br>Effective number<br>of branches | 穗色<br>Spike<br>color | 穗型<br>Plant<br>spike<br>type | 粒色<br>Grain<br>color |
|-------------------------|-----------------|----------------|----------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------------|----------------------|
| 陇藜 1 号 Longli No. 1     | 152.33±9.07 c   | 35.33±4.51 bc  | 38.33±4.73 ab        | 17.00±2.00 a                             | 红色<br>Red            | 紧凑<br>Compact                | 灰白<br>Gray           |
| 陇藜 3 号 Longli No. 3     | 112.67±5.51 d   | 35.00±4.77 bc  | 30.00±7.00 bcd       | 15.33±3.21 ab                            | 橘黄<br>Orange         | 紧凑<br>Compact                | 金黄色<br>Golden        |
| 陇藜 4 号 Longli No. 1     | 182.67±10.01 a  | 47.50±8.05 a   | 43.33±5.03 a         | 17.67±3.76 a                             | 黄色<br>Yellow         | 紧凑<br>ompact                 | 白色<br>White          |
| Q1                      | 162.00±14.93 bc | 33.33±4.16 bc  | 38.33±2.52 ab        | 11.33±2.52 cd                            | 橘黄<br>Orange         | 紧凑<br>Compact                | 黄色<br>Yellow         |
| Q2                      | 158.00±4.36 bc  | 32.17±3.25 bc  | 35.67±4.51 bc        | 11.33±1.53 cd                            | 黄色<br>Yellow         | 紧凑<br>Compact                | 黄色<br>Yellow         |
| Q3                      | 151.00±8.54 c   | 35.83±1.61 bc  | 30.33±2.52 cd        | 10.67±0.58 cd                            | 黄色<br>Yellow         | 半紧凑<br>Semi-compact          | 黄色<br>Yellow         |
| Q4                      | 154.67±9.29 bc  | 31.83±3.82 c   | 34.67±3.21 bc        | 12.67±2.52 bc                            | 乳黄色<br>Milk yellow   | 半紧凑<br>Semi-compact          | 白色<br>White          |
| Q5                      | 155.00±8.00 bc  | 33.50±7.09 bc  | 28.33±4.51 cd        | 9.33±2.52 cd                             | 乳黄色<br>Milk yellow   | 半紧凑<br>Semi-compact          | 白色<br>White          |
| Q6                      | 160.00±7.00 bc  | 33.00±2.65 bc  | 30.33±4.51 cd        | 7.33±1.53 d                              | 玫红色<br>Rose red      | 半紧凑<br>Semi-compact          | 灰白色<br>Gray          |
| LY-1                    | 118.67±5.69 d   | 34.17±5.25 bc  | 39.33±3.06 ab        | 10.00±1.00 cd                            | 黄色<br>Yellow         | 紧凑<br>Compac                 | 白色<br>White          |
| LY-2                    | 165.33±8.02 bc  | 25.67±4.48 c   | 25.67±2.08 d         | 9.67±2.31 cd                             | 灰绿色<br>Greyish-green | 松散型<br>Loose type            | 白色<br>White          |
| LY-3                    | 168.67± ab      | 43.33±22.12 a  | 35.00±2.65 bc        | 10.33±1.53 cd                            | 乳黄色<br>Milk yellow   | 半紧凑<br>Semi-compact          | 灰白色<br>Gray          |

注:同列不同小写字母表示 0.05 水平差异显著,下同;表 5-7 中采用“平均数±标准差”表示。

Note: The different lowercase letters in the same column indicate the significant difference at 0.05 level,the same statistical analysis were used in the following text; “Mean±standard deviation” was showed in tables 5-7.

2.4 经济性状

由表 6 可知,不同品种(系)间的生产性能存在显著差异( $P<0.05$ )。‘Q2’单株粒质量最高,各品种(系)顺序为‘Q2’>‘陇藜 4 号’>‘Q3’>

‘Q1’>‘LY-3’>‘Q4’>‘Q5’>‘陇藜 3 号’>‘陇藜 1 号’>‘LY-1’。籽粒直径品种(系)间差异较大,‘陇藜 4 号’达 2.20 mm,最小的是‘Q5’,仅为 1.41 mm;‘Q2’千粒质量达到 3.16 g,‘陇藜

3 号’‘陇藜 1 号’和‘LY-1’显著小于其余各品种(系)。单株秸秆生物量最高的是‘陇藜 4 号’,平均达 294.80 g,其他各品种在 80.53~194.53 g。各品种(系)间产量差异显著,籽粒产量为 1 776.26~4 482.24 kg·hm<sup>-2</sup>,‘Q2’在单株粒

质量、千粒质量和产量方面显著高于其他各品种(系)( $P<0.05$ ),分别为 170.67 g、3.16 g 和 4 482.24 kg·hm<sup>-2</sup>,籽粒直径和单株秸秆生物量表现最好的是‘陇藜 4 号’,且‘Q2’和‘陇藜 4 号’间各性状差异不显著。

表 6 不同藜麦品种(系)经济性状

Table 6 Economic characteristics of different quinoa varieties(lines)

| 品种(系)<br>Variety(lines) | 单株粒质量/g<br>Grain mass<br>per plant | 粒径/mm<br>Grain diameter | 千粒质量/g<br>Thousand<br>grain mass | 单株秸秆生物量/kg<br>Straw biomass<br>per plant | 单位面积籽粒产量/<br>(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Grain yield |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 陇藜 1 号 Longli No. 1     | 73.20±25.72 cd                     | 2.06±0.10 ab            | 2.57±0.20 b                      | 194.53±35.25 bc                          | 1 922.46±675.61 cd                                 |
| 陇藜 3 号 Longli No. 3     | 90.30±35.81 cd                     | 1.64±0.02 e             | 2.11±0.11 c                      | 97.33±16.69 ef                           | 2 371.56±940.60 cd                                 |
| 陇藜 4 号 Longli No. 4     | 168.23±48.17 ab                    | 2.20±0.04 a             | 3.08±0.03 a                      | 294.80±32.90 a                           | 4 418.33±1 265.07 ab                               |
| Q1                      | 113.03±46.10 bcd                   | 1.84±0.05 cd            | 2.97±0.09 a                      | 183.60±21.71 cd                          | 2 968.61±1 210.77 bcd                              |
| Q2                      | 170.67±20.47 a                     | 1.91±0.09 bc            | 3.16±0.05 a                      | 206.83±10.02 bc                          | 4 482.24±537.61 a                                  |
| Q3                      | 132.70±14.12 abc                   | 1.78±0.12 cde           | 3.01±0.13 a                      | 130.13±6.90 def                          | 3 485.12±370.79 abc                                |
| Q4                      | 105.03±17.53 cd                    | 1.83±0.01 cd            | 3.10±0.06 a                      | 124.57±14.91 ef                          | 2 758.50±460.51 cd                                 |
| Q5                      | 103.70±25.96 cd                    | 1.41±0.08 f             | 3.07±0.11 a                      | 94.53±25.58 ef                           | 2 723.49±681.83 cd                                 |
| Q6                      | 87.07±15.00 cd                     | 1.79±0.11 cde           | 3.04±0.08 a                      | 114.60±27.19 ef                          | 2 286.64±394.02 cd                                 |
| LY-1                    | 67.63±44.73 d                      | 1.45±0.08 f             | 2.13±0.14 c                      | 80.53±48.94 f                            | 1 776.26±1 174.74 d                                |
| LY-2                    | /                                  | /                       | /                                | 151.67±49.01 cde                         | /                                                  |
| LY-3                    | 108.67±23.56 cd                    | 1.73±0.11 de            | 3.10±0.06 a                      | 247.20±37.23 ab                          | 2 853.93±618.63 cd                                 |

2.5 抗倒伏性

不同藜麦品种(系)茎倒伏率差异如表 7。‘Q3’茎倒伏率最高,达 3.33%,茎倒伏率最低的是‘Q5’,仅为 0.33%,‘陇藜 1 号’‘陇藜 3 号’‘陇藜 4 号’‘Q2’‘Q6’‘LY-1’‘LY-2’‘LY-3’之间茎

表 7 不同藜麦品种(系)抗倒伏性

Table 7 Lodging performance of different quinoa varieties(lines)

| 品种(系)<br>Variety(lines) | 茎倒率/%<br>Stem lodging rate | 根倒率/%<br>Root lodging rate |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 陇藜 1 号<br>Longli No. 1  | 1.67±1.15 bcd              | 0.33±0.58 d                |
| 陇藜 3 号<br>Longli No. 3  | 0.67±0.58 cd               | 0.33±0.58 d                |
| 陇藜 4 号<br>Longli No. 4  | 0.67±1.00 cd               | 1.00±0.00 cd               |
| Q1                      | 2.00±1.00 bc               | 2.00±1.00 abc              |
| Q2                      | 1.33±0.58 bcd              | 1.00±0.58 cd               |
| Q3                      | 3.33±0.58 a                | 2.67±1.00 ab               |
| Q4                      | 2.33±0.58 ab               | 3.00±0.58 a                |
| Q5                      | 0.33±0.58 d                | 0.67±0.58 cd               |
| Q6                      | 1.33±0.58 bcd              | 1.67±0.58 bcd              |
| LY-1                    | 0.67±0.58 cd               | 1.33±0.00 cd               |
| LY-2                    | 0.67±0.58 cd               | 1.00±1.00 cd               |
| LY-3                    | 1.33±0.58 bcd              | 3.00±1.00 a                |

倒伏率差异不显著。不同藜麦品种(系)间在根倒伏率上也存在差异,根倒伏率最高的为‘LY-3’和‘Q4’,达到 3.00%,‘Q3’‘Q1’与‘陇藜 1 号’‘陇藜 3 号’‘陇藜 4 号’‘Q2’‘Q5’‘LY-1’‘LY-2’间差异不显著,抗根倒伏能力最强的是‘陇藜 3 号’,倒伏率仅为 0.33%。‘陇藜 3 号’‘Q5’和‘Q2’的根倒伏率与茎倒伏率均较小,可作为抗倒伏复种品种资源推广利用。

2.6 品质性状

对 12 个复种藜麦品种(系)的品质性状进行统计分析见表 8 所示,各品种(系)间不同品质性状存在明显差异,其中籽粒干物质的变幅为 91.10%~94.70%,变异系数最小为 0.01;其次是主要营养成分淀粉的平均值达 56.96%(51.33%~62.34%),变异系数为 0.06,其中‘Q2’最高为 62.34%;再次是赖氨酸为 6.51%(5.59%~6.91%),表现最突出为‘陇藜 3 号’,而‘陇藜 1 号’最低;粗蛋白和粗脂肪的平均质量分数分别为 14.10%和 5.64%,粗蛋白质量分数最高的是‘陇藜 4 号’,粗脂肪质量分数最高的为‘Q3’;另外,营养成分磷变异系数最大为 0.21,其变幅为 0.24%~0.47%,积累量最大的是‘LY-3’,为 0.47%。

2.7 相关性分析

对 11 个藜麦品种(系)的 19 个性状进行相关性分析如表 9,籽粒产量与单株粒质量和千粒质量呈极显著正相关( $P<0.01$ ),籽粒产量与籽粒直径、主穗长、粗蛋白呈显著正相关( $P<0.05$ ),而与根倒率、茎倒率呈极显著负相关( $P<0.05$ );株高与千粒质量呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与粗蛋白、籽粒直径呈显著正相关( $P<0.05$ );有

效分枝数与籽粒直径、冠幅呈显著正相关( $P<0.05$ );籽粒品质粗蛋白和淀粉分别与籽粒直径和千粒质量呈极显著正相关( $P<0.01$ )。粗蛋白与株高、籽粒产量、单株粒质量等呈显著正相关( $P<0.05$ ),而与淀粉质量分数呈显著性负相关( $P<0.05$ ),粗脂肪与赖氨酸呈显著性负相关( $P<0.05$ )。穗型与主穗长呈显著正相关( $P<0.05$ ),而与干物质呈显著负相关( $P<0.05$ )。

表 8 不同藜麦品种(系)籽粒品质性状

Table 8 Performance of grain quality traits of different quinoa varieties(lines)

| 品种(系)<br>Variety(lines)       | 干物质/%<br>Dry mass | 粗蛋白质/%<br>CP | 粗脂肪/%<br>CF | 赖氨酸/%<br>Lysine | 淀粉/%<br>Starch | 磷/%<br>P  |
|-------------------------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|----------------|-----------|
| 陇藜 1 号 Longli No. 1           | 93.20             | 15.42        | 4.59        | 5.59            | 55.57          | 0.41      |
| 陇藜 3 号 Longli No. 3           | 91.70             | 11.29        | 5.96        | 6.91            | 51.33          | 0.46      |
| 陇藜 4 号 Longli No. 4           | 93.30             | 18.76        | 5.55        | 6.70            | 55.09          | 0.37      |
| Q1                            | 92.50             | 14.38        | 5.10        | 6.67            | 60.16          | 0.31      |
| Q2                            | 91.10             | 16.15        | 5.64        | 6.54            | 62.34          | 0.43      |
| Q3                            | 94.40             | 14.11        | 6.49        | 6.08            | 59.87          | 0.32      |
| Q4                            | 92.40             | 14.00        | 5.64        | 7.23            | 56.98          | 0.33      |
| Q5                            | 93.60             | 13.49        | 5.80        | 6.20            | 54.25          | 0.27      |
| Q6                            | 93.40             | 13.75        | 6.11        | 7.01            | 58.86          | 0.41      |
| LY-1                          | 91.80             | 9.21         | 6.32        | 6.84            | 52.50          | 0.24      |
| LY-3                          | 94.70             | 14.57        | 4.84        | 5.85            | 59.60          | 0.47      |
| 平均 Mean                       | 92.92             | 14.10        | 5.64        | 6.51            | 56.96          | 0.37      |
| 范围 Range                      | 91.10~94.70       | 9.21~18.76   | 4.59~6.49   | 5.59~6.91       | 51.33~62.34    | 0.24~0.47 |
| 标准差 Standard deviation        | 1.13              | 2.46         | 0.60        | 0.52            | 3.50           | 0.08      |
| 变异系数 Coefficient of variation | 0.01              | 0.17         | 0.11        | 0.08            | 0.06           | 0.21      |

2.8 不同藜麦品种(系)适应性的综合分析

为了能更充分地反映出各因素中起主导作用的综合指标,对 11 个藜麦品种(系)的蛋白、粗脂肪、赖氨酸、淀粉、磷、株高、冠幅、主穗长、有效分枝数、茎倒率、根倒率、单株穗粒质量、粒径、千粒质量和籽粒产量 15 个品质、农艺性状和产量构成因子进行主成分分析,其特征值及其贡献率如表 10 所示,所提取的前 5 个主成分的累计贡献率 85.04%,代表了 15 个性状的 85%的信息量,由原始变量和主成分相关性分析可知,第一主成分株高、粗蛋白、籽粒直径、单株粒质量、产量和千粒质量相关性较大,表明主成分 1 是由以上指标组成的综合指标;主成分 2 相关性大的指标有根倒率、茎倒率和淀粉;主成分 3 主要代表粗脂肪和耐氨酸;主成分 4 代表茎倒率和主穗长;主成分 5 主要代表磷。

根据特征量根据特征值和相应的特征向量,对 11 个藜麦品种(系)各主成分得分和综合得分进行排序,计算主成分综合模型为: $F=37.119\times$

$F_1+19.801\times F_2+12.699\times F_3+8.415\times F_4+7.007\times F_5$ ,获得综合得分如表 11 所示。在参试的 11 个品种中,‘陇藜 4 号’的得分最高,表明这个品种综合适应性最好,‘Q2’得分同样超过 1 以上,表现良好,而‘LY-1’综合得分最低。

2.9 聚类分析

对复种后能够成熟的 11 份藜麦品种(系)的生育期、农艺、经济、品质性状指标以欧氏距离为遗传距离,采用离差平方和法进行聚类<sup>[23]</sup>,在遗传距离为 5.0 时将 11 个藜麦品种(系)聚为 4 个类群如图 1,第一类群包括‘Q4’‘Q5’‘Q1’‘LY-3’‘Q3’5 个品种,属于高秆中熟品种,该类群品质性状比较突出;‘陇藜 3 号’‘Q6’‘LY-1’和‘陇藜 1 号’为第二类群,属于早熟品种,该类群生育期 115~116 d,主要表现为低秆、早熟、千粒质量小等特性;‘Q2’和‘陇藜 4 号’为第三类群,主要特性表现为丰产性能好,千粒质量大、高蛋白、低脂等特性。

表 9 不同藜麦品种(系)综合性状相关分析

Table 9 The Relativity analysis of phenotypic traits in different quinoa varieties (lines)

| 项目<br>Item                               | 干物质<br>Dry<br>matter | 粗蛋白质<br>CP | 粗脂肪<br>CF | 赖氨酸<br>Lysine | 淀粉<br>Starch | 磷<br>P | 茎倒率<br>Stem lodging<br>rate | 根倒率<br>Root<br>lodging<br>rate | 单株粒质量<br>Grain mass<br>per plant | 籽粒直径<br>Grain<br>diameter | 千粒质量<br>1 000-kernel<br>mass | 籽粒产量<br>Grain<br>yield | 株高<br>Plant<br>height | 冠幅<br>Crown<br>width | 主穗长<br>Main panicle<br>length | 有效分枝数<br>Effective<br>number of<br>branches | 穗色<br>Ear<br>color | 穗型<br>Panicle<br>type | 粒色<br>Grain<br>color |
|------------------------------------------|----------------------|------------|-----------|---------------|--------------|--------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|
| 干物质 Dry matter                           | 1                    |            |           |               |              |        |                             |                                |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 粗蛋白质 CP                                  | 0.038                | 1          |           |               |              |        |                             |                                |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 粗脂肪 CF                                   | -0.161               | -0.351     | 1         |               |              |        |                             |                                |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 赖氨酸 Lysine                               | -0.569               | 0.027      | -0.506 *  | 1             |              |        |                             |                                |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 淀粉 Starch                                | 0.194                | -0.4 *     | -0.196    | -0.184        | 1            |        |                             |                                |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 磷 P                                      | 0.045                | 0.122      | -0.41     | -0.186        | 0.227        | 1      |                             |                                |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 茎倒率<br>Stem lodging rate                 | 0.288                | 0.2        | 0.042     | -0.141        | 0.587        | -0.052 | 1                           |                                |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 根倒率<br>Root lodging rate                 | 0.499                | -0.034     | -0.144    | -0.098        | 0.537        | -0.031 | 0.738 * *                   | 1                              |                                  |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 单株粒质量<br>Grain weight<br>per plant       | -0.025               | 0.707 *    | 0.026     | 0.019         | 0.512        | 0.167  | 0.125                       | -0.014                         | 1                                |                           |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 籽粒直径<br>Grain diameter                   | 0.059                | 0.857 * *  | -0.464    | -0.117        | 0.351        | 0.425  | 0.283                       | 0.105                          | 0.511                            | 1                         |                              |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 千粒质量<br>Thousand<br>grain weight         | 0.427                | 0.582 * *  | -0.195    | -0.114        | 0.748 * *    | 0.065  | 0.331                       | 0.444                          | 0.627 *                          | 0.357                     | 1                            |                        |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 籽粒产量<br>Grain Yield                      | -0.025               | 0.707 *    | 0.026     | 0.019         | 0.512        | 0.167  | -0.125 * *                  | -0.014 * *                     | 1.000 * *                        | 0.511 *                   | 0.627 * *                    | 1                      |                       |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 株高<br>Plant height                       | 0.501                | 0.723 *    | -0.444    | -0.24         | 0.6          | 0.142  | -0.179                      | -0.345                         | 0.591                            | 0.616 *                   | 0.881 * *                    | 0.591                  | 1                     |                      |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 冠幅<br>Crown width                        | 0.489                | 0.265      | -0.279    | -0.283        | -0.093       | 0.285  | -0.221                      | 0.058                          | 0.38                             | 0.437                     | 0.156                        | 0.38                   | 0.482                 | 1                    |                               |                                             |                    |                       |                      |
| 主穗长<br>Main panicle length               | -0.184               | 0.52       | -0.454    | -0.014        | 0.018        | -0.054 | -0.093                      | 0.023                          | 0.263                            | 0.621 *                   | -0.016                       | 0.263 *                | 0.348                 | 0.494 *              | 1                             |                                             |                    |                       |                      |
| 有效分枝数<br>Effective number<br>of branches | -0.165               | 0.502      | -0.415    | -0.138        | -0.376       | 0.285  | -0.096                      | -0.298                         | 0.191                            | 0.642 *                   | -0.26                        | 0.191                  | -0.045 *              | 0.448 *              | 0.551                         | 1                                           |                    |                       |                      |
| 穗色<br>Ear color                          | -0.253               | 0.202      | 0.071     | 0.063         | 0.154        | -0.408 | 0.144                       | 0.041                          | 0.49                             | 0.009                     | 0.028                        | 0.49                   | 0.022                 | 0.133                | 0.409                         | 0.122                                       | 1                  |                       |                      |
| 穗型<br>Panicle type                       | -0.662 *             | 0.253      | -0.218    | 0.068         | -0.261       | 0.068  | -0.333                      | -0.585                         | 0.098                            | 0.318                     | -0.524                       | 0.098                  | -0.262                | 0.079                | 0.629 *                       | 0.592                                       | 0.41               | 1                     |                      |
| 粒色<br>Grain color                        | -0.517               | -0.005     | 0.397     | 0.323         | -0.085       | -0.054 | 0.095                       | -0.324                         | 0.316                            | -0.149                    | -0.272                       | 0.316                  | -0.45                 | -0.25                | -0.195                        | 0.16                                        | 0.596              | 0.372                 | 1                    |

注:“\*”,“\* \*”分别表示 0.05 和 0.01 水平上显著相关。

Note:“\*”,“\* \*”Significant correlation at 0.05 level or 0.01 level.

表 10 不同藜麦品种(系)性状主成分分析  
Table 10 Principal component analysis of the traits of different quinoa varieties(lines)

| 项目<br>Item                           | 主成分 Principal component |        |        |        |        |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                      | 1                       | 2      | 3      | 4      | 5      |
| 粗蛋白质 CP                              | 0.87                    | −0.161 | 0.216  | 0.212  | 0.093  |
| 粗脂肪 CF                               | −0.46                   | 0.339  | 0.667  | 0.117  | 0.064  |
| 耐氨酸 Lysine                           | −0.232                  | 0.071  | 0.627  | 0.38   | 0.146  |
| 淀粉 Starch                            | 0.632                   | 0.661  | −0.119 | −0.085 | 0.152  |
| 磷 P                                  | 0.321                   | −0.232 | −0.296 | −0.489 | 0.615  |
| 茎倒率 Stem lodging rate                | 0.303                   | 0.609  | −0.313 | 0.484  | 0.3    |
| 根倒率 Root lodging rate                | 0.273                   | 0.622  | −0.487 | 0.311  | −0.14  |
| 单株粒质量 Grain weight per plant         | 0.787                   | 0.073  | 0.524  | −0.141 | 0.065  |
| 籽粒直径 Grain diameter                  | 0.836                   | −0.311 | −0.1   | 0.259  | 0.257  |
| 千粒质量 Thousand grain weight           | 0.738                   | 0.54   | 0.084  | −0.2   | −0.181 |
| 单位面积籽粒产量 Grain yield                 | 0.787                   | 0.073  | 0.524  | −0.141 | 0.065  |
| 株高 Height                            | 0.874                   | 0.166  | −0.058 | −0.136 | −0.321 |
| 冠幅 Crown                             | 0.506                   | −0.468 | −0.069 | −0.216 | −0.376 |
| 主穗长 Ear length                       | 0.504                   | −0.527 | −0.057 | 0.450  | −0.313 |
| 有效分枝数 Effective number of branches   | 0.349                   | −0.809 | −0.077 | 0.26   | 0.235  |
| 总特征值 Total eigenvalue                | 5.568                   | 2.97   | 1.905  | 1.262  | 1.051  |
| 贡献率/% Contribution rate              | 37.119                  | 19.801 | 12.699 | 8.415  | 7.007  |
| 累计贡献率/% Cumulative contribution rate | 37.119                  | 56.919 | 69.618 | 78.033 | 85.04  |

表 11 不同藜麦品种(系)性状主成分得分综合排序  
Table 11 Principal component analysis scores of 11 quinoa variety

| 品种(系)<br>Variety(lines) | 主成分因子得分        |                |                |                |                | 综合得分<br>F | 排序 |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----|
|                         | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>4</sub> | F <sub>5</sub> |           |    |
| 陇藜 1 号 Longli No. 1     | 0.52           | −2.16          | −2.89          | 1.18           | −0.97          | −0.03     | 6  |
| 陇藜 3 号 Longli No. 3     | −3.47          | −2.18          | −0.13          | −0.84          | −0.95          | −1.18     | 10 |
| 陇藜 4 号 Longli No. 4     | 3.88           | −2.8           | −0.57          | −1.01          | 1.34           | 2.19      | 1  |
| Q1                      | 1.06           | 0.72           | 1.01           | 1.62           | 0.05           | 0.93      | 3  |
| Q2                      | 1.98           | 0.68           | 1.8            | −0.7           | −1.27          | 1.28      | 2  |
| Q3                      | 0.8            | 2.5            | 1.68           | 0.76           | 0.46           | 0.29      | 4  |
| Q4                      | 0.22           | 1.29           | 0.75           | 0.9            | −0.62          | 0.02      | 5  |
| Q5                      | −1.65          | 0.53           | 0.16           | −1.53          | 1.15           | −1.02     | 8  |
| Q6                      | −0.84          | 1.59           | −0.28          | −1.26          | −1.09          | −1.13     | 9  |
| LY-1                    | −4.07          | −0.71          | 0.08           | 1.02           | 1.37           | −1.31     | 11 |
| LY-3                    | 1.57           | 0.52           | −1.62          | −0.14          | 0.52           | −0.03     | 7  |

3 讨论

有效筛选和综合评价藜麦品种(系)的生产性能,是藜麦引种研究的主要内容之一。藜麦作为一种新引入的作物,其生态适应性研究尤为重要,其生育期、生产性能的评价不能用单一的指标去

衡量,只有综合性状优异的品种(系)才能用于育种生产进而推广。采用主成分分析法和聚类分析法对引入藜麦品种(系)的生育期、农艺性状、品质性状、经济性状进行综合评价,选取符合育种目标和生产需求的品种(系)资源。周海涛等<sup>[5]</sup>、黄杰等<sup>[6]</sup>、任永峰等<sup>[7]</sup>、宋娇等<sup>[8]</sup>、邓万云等<sup>[24]</sup>、王艳

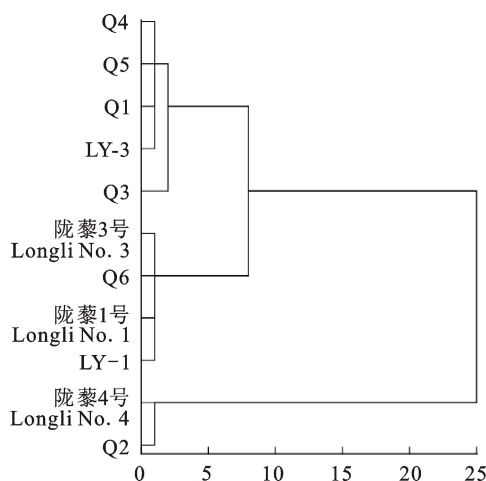


图1 12个藜麦品种(系)不同性状聚类分析

Fig. 1 Clustering analysis of 11 quinoa varieties (lines)

青等<sup>[25]</sup>分别对藜麦在河北张家口、甘肃、内蒙古、青海、北京、昆明等地的适应性进行了报道,表明藜麦适合于冷凉地区生长。然而本试验侧重于低海拔热量相对充足的陇东地区进行复播种植,从而探讨藜麦在此类生态条件下的适应性表现。

不同来源的藜麦品种(系)由于所处的地理气候环境等不同表现出明显差异。本研究供试的12份材料,其中11份能在陇东地区复播种植的条件下正常成熟,生育期为109~122 d,普遍表现出早熟特性,这与夏播作物因气温高,生长发育快,生育期较短有关,同时也与种植当年生育期降雨少,植株避旱机制所致。结合陇东地区冬油菜后茬气候特点,6月中上旬抢墒播种,10月上旬收获,最大限度提高土地利用率,实现丰收增产。

农艺性状和品质性状的鉴定和描述作为种质资源研究最直观、最基本的方法和途径<sup>[26]</sup>,在藜麦育种或适应性评价中是不可或缺的。王艳青等<sup>[25]</sup>对135份藜麦农艺性状的分析中得出,通过田间观测、室内考种及测试化验,对参试的12个藜麦品种(系)的19个表型性状进行形态多样性分析,结果表明不同品种(系)的农艺性状和品质性状具有显著差异,籽粒产量为1 776.26~4 482.24 kg·hm<sup>-2</sup>,与甘肃河西(3 750 kg·hm<sup>-2</sup>)<sup>[27]</sup>、西藏(5 250 kg·hm<sup>-2</sup>)<sup>[28]</sup>、青海(5 577 kg·hm<sup>-2</sup>)<sup>[8]</sup>、北京(2 235.2 kg·hm<sup>-2</sup>)<sup>[24]</sup>等地的春播产量差异较大,部分品种(系)达到了不同程度的增产,这可能与品种(系)、种植区环境和栽培方式不一有较大的关系,但本研究中筛选出的4个品种(系)单株粒质量为113.03~168.23 g,具有较强的增产潜力,也表明

陇东地区夏播复种条件下有利于藜麦生长。本试验中,结实率好、产量高的4个高产品种(系)的主穗长为30.33~43.33 cm,株高为151~182.67 cm左右,生育期集中在109~122 d,千粒质量为2.97~3.16 g,籽粒直径为1.78~2.2 mm,籽粒产量为2 968.61~4 482.24 kg·hm<sup>-2</sup>,这些经济指标与临夏半干旱区<sup>[6]</sup>和河西走廊玉门地区<sup>[27]</sup>种植藜麦的表现相近;而粗蛋白(9.21%~18.76%)、粗脂肪(4.59%~6.49%)、粗淀粉(51.33%~62.34%)、赖氨酸(5.59%~6.91%)等指标变异范围与胡一波等<sup>[4]</sup>研究的结果具有一致性。因此在筛选藜麦品种(系)过程中,应综合考虑各性状指标,不能一味追求产量。本试验中藜麦生育期正值陇东地区雨季,对藜麦的抗倒伏性要求较高,再结合考种数据和相关分析,初步判断株高高低中等、抗倒伏性好和产量较高的品种(系)宜在陇东地区复播推广种植。

经相关性分析得知,籽粒产量与单株粒质量、籽粒直径及千粒质量呈极显著正相关,这与王艳青等<sup>[25]</sup>、宋娇等<sup>[8]</sup>研究结果一致,而与穗色、穗型和粒色呈负相关关系,这与宋娇等<sup>[8]</sup>研究结果不一致,这可能与植株穗色和穗型受植株光合作用的影响有关,株高与根倒率、茎倒率呈负相关关系,这与黄杰等<sup>[6]</sup>研究结果不完全一致,与Tripathi等<sup>[29]</sup>在小麦上的研究结果相似,株高与抗倒伏性相关不显著,部分高秆品种抗倒伏性超过矮秆品种,反映出小麦倒伏既受到茎秆高度的影响,还受到茎秆自身特性的影响,因此要了解藜麦的倒伏性需从藜麦内在的遗传特性、气候、生态、栽培等因素综合考虑;粗蛋白和淀粉质量分数呈显著性负相关,粗脂肪与赖氨酸呈显著性负相关,这与胡一波等<sup>[4]</sup>,Qin等<sup>[30]</sup>的研究结果相一致。这些不同研究结果存在差异的原因可能是由于复播的品种(系)、藜麦生态区域、研究方法与当地气候、土地资源不同所导致的,同时上述指标的变化可能与样本数量和所选性状不完全相同有关,在今后的研究中建议增大样本数量,并进一步开展多年多点试验验证。

经主成分以及综合得分分析,各品种(系)的主成分值是对权衡每个性状在某个品种(系)中所处的位置和分量,充分了解判断每个品种(系)对生产环境的适应性强弱,从而对掌握品种综合性状的重要依据<sup>[22-23]</sup>。通过对11个品种(系)15个性状的主成分分析发现,前5个主成分的累计贡

献率达 85.04%, 其所表达的综合信息可以用来表达全部性状的信息, 从而简化表型性状的数量, 提高筛选评价效率。从综合评价结果来看, 5 个主成分分别反映了株高、粗蛋白、籽粒直径、单粒质量、产量和千粒质量特征, 根倒率、茎倒率和淀粉特征, 茎倒率和主穗长特征, 磷特征。其中‘陇藜 4 号’的得分最高, 综合评价最优, 其次品系‘Q2’得分同样超过 1 以上, 仅次于‘陇藜 4 号’, 具有很大利用潜力, 而‘LY-1’在陇东复种条件下综合表现最差, 除生育期短外, 再无突出性状, 利用价值不大。

在主成分分析的基础进一步聚类, 可有效的剔除一些关联度不大的因子, 使分析评价效果更好<sup>[31]</sup>。本试验借助聚类分析法, 对 11 份种质材料的 19 个性状进行聚类分析, 将 11 个藜麦品种(系)聚为 3 个类群, 使性状相近的品种(系)聚为一类, 但结果显示, 主成分分析中综合表现相近的未聚为一类, 这种现象与苜蓿<sup>[32]</sup>、三叶草<sup>[33]</sup>等异花授粉作物中较为常见, 这可能是藜麦这类常异花作物非常容易受外来基因的干扰, 个体差异大于品种间差异。这两种方法综合应用可以更好地了解种质资源或品种间产量与品质性状的遗传相似性和差异性。在藜麦生产和育种中, 可以根据各类材料的特点进行相应的选择, 提高工作效率。

藜麦种质资源评价指标体系尚未建立, 所以本研究选择了部分具有代表性的表型指标进行藜麦生态适应性的综合评价, 虽具有一定的实际意义, 但仍存在一定的局限性。同时陇东地区虽种植藜麦, 但没有复种藜麦的相关报道, 若要深入了解各品种(系)在本地区复种的可行性, 尚需进一步研究探索。

## 4 结 论

在陇东旱塬区栽培条件下, 复种引选的 12 个藜麦品种(系)除均‘LY-2’外, 其余 11 份均可正常成熟, 表现出较好的生态适应性, 适合在该地区复种推广。参考综合评价, 依照各品种(系)特性, 可以根据不同生态类型选择适宜种植的品种, ‘Q6’‘LY-1’和‘陇藜 3 号’为早熟品种, 可选择在高海拔无霜期较短或在夏闲期短地区复播种植, ‘Q2’和‘陇藜 4 号’籽粒产量高, 增产潜力较大, 综合性状好, 可作为陇东旱塬地区冬油菜茬复种藜麦品种(系)中最好的选择; ‘Q6’‘LY-1’‘陇藜 3 号’由于生育期短, 亦可作为“冬小麦—藜麦”轮

作中的选择之一。

## 参考文献 Reference:

- [1] RADMILA S, DJORDJE G, MIRJANA D, *et al.* Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations[J]. *Journal of Cereal Science*, 2012, 55: 132-138.
- [2] 石振兴, 杨修仕, 么 杨, 等. 60 份国内外藜麦材料籽粒的品质性状分析[J]. 植物遗传资源学报, 2017, 18(1): 88-93. SHI ZH X, YANG X SH, YAO Y, *et al.* Quality characters analysis of the seed of 60 domestic and overseas quinoa accessions[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2017, 18(1): 88-93.
- [3] JACOBSEN S E, MONTEROS C, CORUERA L J, *et al.* Frost resistance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). European [J]. *Journal of Agronomy*, 2007, 26(4): 471-475.
- [4] 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): 464-470. HU Y B, YANG X SH, LU P, *et al.* Diversity and correlation of quality traits in quinoa germplasms from North China[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2017, 43(3): 464-470.
- [5] 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): 222-227. ZHOU H T, LIU H, YAO Y, *et al.* Evaluation of agronomic and quality characters of quinoa cultivated in Zhangjiakou [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2014, 15(1): 222-227.
- [6] 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. HUANG J, YANG F R, LI M Q, *et al.* Preliminary evaluation of adaptability of 13 quinoa varieties in Linxia arid areas of Gansu province[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(3): 191-201.
- [7] 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. REN Y F, WANG ZH M, ZHAO P Y, *et al.* Ecological adaptability of quinoa in Northern foot of Yinshan in Inner Mongolia[J]. *Crops*, 2016(2): 79-82.
- [8] 宋 娇, 姚有华, 刘 洋, 等. 6 个藜麦品种(系)农艺性状的主成分分析[J]. 青海大学学报, 2017, 35(6): 6-10. SONG J, YAO Y H, LIU Y, *et al.* Principal component analysis of agronomic traits of six quinoa varieties (or lines) [J]. *Journal of Qinghai University*, 2017, 35(6): 6-10.
- [9] 徐 磊. 陇东黄土高原农业系统的环境适应性和生产力调控[D]. 兰州: 兰州大学, 2015. XU L. Environmental adaptability and productivity of agroecological system in the Longdong Loess Plateau [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2015.
- [10] 王媛媛. 近 50 年陇东地区农业气候资源的时空变化特征及其对主要农作物的影响分析[D]. 兰州: 西北师范大学,

- 2013.
- WANG Y Y. Analysis on the spatio-temporal change of agro-climatic resources and its impact on major crops in eastern Gansu nearly 50 years[D]. Lanzhou: The Northwest Normal University, 2013.
- [11] 任贵兴,叶全宝. 藜麦生产与应用[M]. 北京:科学出版社, 2014:9-21.
- REN G X, YE Q B. Quinoa: Botany, Production and Uses [M]. Beijing: Science Press, 2014:9-21.
- [12] 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): 381-389.
- WANG L M, MA N, LI S, *et al.* Nutritional properties of quinoa and its application prospects[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2014, 35(1): 381-389.
- [13] ABUGOCH L. Quinoa(*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties [J]. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2009, 58(1): 1-31.
- [14] ABUGOCH L E, ROMERO N, TAPIA C A, *et al.* Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) protein isolates [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, 56(12): 4745-4750.
- [15] STIKIC R, GLAMOCLJIA D, DEMIN M, *et al.* Agro-nomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations[J]. *Journal of Cereal Science*, 2012, 55(2): 132 - 138.
- [16] 任贵兴,杨修仕,么 杨. 中国藜麦产业现状[J]. 作物杂志, 2015(5): 1-5.
- REN G X, YANG X SH, YAO Y. Current Situation of Quinoa Industry in China[J]. *Crops*, 2015(5): 1-5.
- [17] 杨发荣,刘文瑜,黄 杰,等. 不同藜麦品种对盐胁迫的生理响应及耐盐性评价[J]. 草业学报, 2017, 26(12): 77-88.
- YANG F R, LIU W Y, HUANG J, *et al.* Physiological responses of different quinoa varieties to salt stress and evaluation of salt tolerance [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2017, 26(12): 77-88.
- [18] 魏玉明,黄 杰,顾 娟,等. 藜麦规范化栽培技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2015(12): 77-80.
- WEI Y M, HUANG J, GU X, *et al.* Technical regulation for standardized cultivation of quinoa[J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 2015(12): 77-80.
- [19] 刘 鑫. 不同玉米品种在不同密度下抗倒伏性能的研究[D]. 石家庄:河北农业大学, 2012.
- LIU X. Studies on lodging-resistance performance of maize varieties under different plant density conditions[D]. Shijiazhuang: Hebei Agricultural University, 2012.
- [20] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术(3版) [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007: 49-80.
- ZHANG L Y. Feed Analysis and Feed Quality Testing Technology(the 3rd version) [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2007.
- [21] 李京憬,马庆华,陈 新. 平棒种质资源坚果农艺性状鉴定与评价研究[J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(3): 483-490.
- LI J J, MA Q H, CHEN X. Identification and evaluation of agronomic traits for *Corylus heterophylla* Fisch [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2016, 17(3): 483-490.
- [22] WANG J L, SHEN Z B. Study of the major quantitative character difference and their correlations among germplasm resources of *Tifolium repens* L [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2012, 28(26): 19-23.
- [23] 孟丽娟,赵桂琴. 国外引进红三叶种质在甘肃中部地区的生长特性及生产性能初步评价[J]. 草业学报, 2015, 24(9): 30-42.
- MENG L J, ZHAO G Q. Evaluation of the adaptability of imported red clover germplasm in central Gansu [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(9): 30-42.
- [24] 邓万云,周继华,黄 琴,等. 藜麦在北京地区适应性的初步研究[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(12): 12-19.
- DENG W Y, ZHOU J H, HUANG Q, *et al.* Primary study on the adaptability of quinoa in Beijing [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2016, 21(12): 12-19.
- [25] 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, 2019, 19(5): 887-894.
- WANG Y Q, LI CH H, LU W J, *et al.* Genetic diversity analysis of major agronomic traits in 135 foreign quinoa germplasm accessions [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2019, 19(5): 887-894.
- [26] 杨美权,刘大会,邵爱娟,等. 云南高原黄花草种质资源农艺性状的多样性和聚类分析[J]. 中国中药杂志, 2010, 30(23): 3097-3102.
- YANG M Q, LIU D Q, SHAO A J, *et al.* Diversity and cluster analysis of agronomic traits of *Artemisia annua* germplasm resources in Yun-Gui plateau [J]. *China Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2010, 30(23): 3097-3102.
- [27] 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.
- YANG F R, LIU W Y, HUANG J, *et al.* Introduction trial of two quinoa varieties in Hexi area [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2018, 26(5): 1273-1276.
- [28] GONG B Z X, WANG M. Biological characteristics and cultivation technology of quinoa [J]. *Tibet Science and Technology*, 1995, 4: 19-22.
- [29] TRIPATHI S C, SAYRE K D, KAUL J N. Planting systems on lodging behavior, yield components, and yield of irrigated spring bread wheat [J]. *Crop Science*, 2005, 45: 1-8.
- [30] QIN P, SONG W, YANG X, *et al.* Regional distribution of protein and oil compositions of soybean cultivars in China [J]. *Crop Science*, 2014, 54: 1139-1146.

- [31] 陈四龙,李玉荣,程增书,等.花生品种(系)生物学性状的主成分分析和聚类分析[J].花生学报,2007,36(2):29-34.  
CHEN S L,LI Y R,CHENG Z S,*et al.* Principal component analysis and cluster analysis on biological characters of the peanut cultivars[J]. *Journal of Peanut Science*, 2007, 36(2):29-34.
- [32] WU Z N,WEI Z W,LEI Y F,*et al.* Main component and cluster analysis of agronomic characterises of twelve alfalfa varieties[J]. *Grassland and Turf*, 2011,31(1):50-53.
- [33] WANG Y X,ZHANG B. Phenotypic variation of *Trifolium repens* in Xingjiang [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2012,20(6):1163-1168.

## Adaptation Evaluation of Multiple Cropping of 12 Quinoa Varieties on Loess Dryland in Eastern Gansu

WEI Yuming, YANG Farong, LIU Wenyu, HUANG Jie, JIN Qian and WANG Chang

(Animal Husbandry Pasture and Green Agriculture Institute of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

**Abstract** This study focused on the ecological adaptation of different quinoa varieties in dry farming areas of East Gansu province. Twelve quinoa varieties (lines) were used as experimental materials, plant traits involved in phenology, agronomy, economy, and quality indices were measured, three methods, including correlation analysis, principal component analysis and clustering analysis, were used to evaluate the adaptability of these quinoa varieties. The results revealed that 11 of the 12 tested quinoa varieties (lines) completed the life circle under multiple cropping, except for the LY-2. Correlation analysis of 19 plant traits showed that grain yield per unit area was positively correlated with grain weight per plant and thousand-seed weight ( $P < 0.01$ ), but it was negatively correlated with root pour rate and stem pour rate ( $P < 0.01$ ). A significantly positive correlation was observed between plant height and thousand-seed weight ( $P < 0.01$ ), the contents of crude protein in seed and starch were significantly positively correlated with seed diameter and thousand-seed weight ( $P < 0.01$ ), respectively. Principle component analysis and clustering analysis were further used to analyze the 15 plant traits of quinoa varieties (lines) and first five principal components could explain 85.04% of variance. According to the comprehensive scores, 'Longli No. 4' and 'Q2' were identified and it got the highest scores. The quinoa varieties were clustered into three groups, of which the third group had the highest yield and the second group showed dwarfness and early maturity. The results suggest that great differences in traits and genetic distance were among these eleven varieties (lines), it should be comprehensively considered for future production and breeding objectives.

**Key words** Plateau of Eastern Gansu; *Chenopodium quinoa*; Double cropping pattern; Adaptability

**Received** 2019-07-10

**Returned** 2019-12-02

**Foundation item** National Natural Science Foundation (No. 31660357); Major Science and Technology Projects of Gansu Province (No. 18ZD2NA008-2); Major Science and Technology Projects of Lanzhou (No. 2017-2-5); Achievement Transformation Project of Gansu Academy of Agricultural Sciences (No. 2017GAAS-CGZH03).

**First author** WEI Yuming, male, master, associate research fellow. Research area: quinoa planting, breeding and straw feed utilization. E-mail: weiyuming513@163.com

**Corresponding author** YANG Farong, male, bachelor, research fellow. Research area: quinoa planting and breeding. E-mail: lzyfr08@163.com

(责任编辑: 成敏 Responsible editor: CHENG Min)