

不同种源蕨麻种子形态特征分析

田甜^{1,2}, 吕博文^{1,2}, 李涛^{1,2}, 李军乔^{1,2*}

(1. 青海民族大学生态环境与资源学院, 青海 西宁 810007; 2. 青藏高原蕨麻产业研究院, 青海 西宁 810007)

摘要:【目的】系统分析来自不同种源蕨麻的种子表型性状, 系统揭示蕨麻种子的性状变异程度和形态特征多样性。【方法】以30份不同种源蕨麻种子为材料, 测定其长、宽、周长、厚度、长宽比以及千粒重等指标, 并进行方差分析、相关性分析、聚类分析以及主成分分析。【结果】1) 蕨麻种子6个性状均存在极显著差异($P < 0.01$), 不同性状也存在丰富的变异, 其中种子千粒重变异系数最大(23.91%), 是筛选品种较重要的指标; 2) 种子厚度和种子千粒重与种子长度、种子宽度、种子长宽比以及种子周长都呈现了极显著的正相关($P < 0.01$), 表明种子厚度和种子千粒重可以作为蕨麻优良品种筛选的重要指标; 3) 30份种源种子可以聚类为5个类群, 其中类群2和类群3的各指标量均较大, 可以作为品种筛选的候选群体; 4) 主成分分析和综合评价表明, 种子厚度、种子千粒重和种子长度是影响蕨麻种子性状的主要因素, 而种源4的综合性状得分最高, 为2.35, 是最佳品种选育的候选。【结论】种源4为综合性状俱佳的种质, 可以将其作为蕨麻新品种筛选的候选和主要种植的种源。研究结果可为蕨麻新品种选育提供该理论依据。

关键词: 蕨麻; 种子; 性状; 主成分分析; 综合评价

中图分类号: S567.23 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2024)02-0207-08

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2024.02.022



蕨麻(*Argentina anserina*), 俗称“人参果”, 隶属于蔷薇科(Rosaceae)蕨麻属(*Argentina*), 在青藏高原上根系膨大为块根^[1-3]。蕨麻内涵丰富的营养物质^[4], 口感佳, 具有护肝^[5]、抗缺氧以及增强免疫力等功效^[6], 在肿瘤治疗上也能对肿瘤细胞的增殖产生一定抗性^[7], 是青藏高原特有的“药食同源”植物资源。同时, 蕨麻在生态上也发挥着重要价值。蕨麻一般以块根进行种植, 生长过程中呈现“散射式”繁殖方式, 极大增加了土壤覆盖率^[8], 即使在盐碱地中仍然可以生长, 且口感不受影响(课题组研究, 尚未发表)。另外, 张

锦^[9]研究表明, 蕨麻对重金属具有富集作用, 尤其是在水培环境中富集作用更为明显, 可以达到净化水培环境的效果, 这在生物修复重金属污染方面能够发挥极大作用。除此之外, 蕨麻还是特色经济作物, 在西部地区可以作为农牧民经济来源之一。蕨麻的人工种植在青藏高原地区已经推广了将近19万亩, 创造经济价值30亿元, 扶贫150余万户农牧民, 成为了一个新兴产业。蕨麻在生态、食品医药以及经济上的应用, 形成了良好的循环, 促进了农村地区乡村振兴的进程^[10-13]。

然而近年来, 随着蕨麻产业的蓬勃发展, 蕨麻需求量逐年增加。但随着蕨麻种植年限的增长以及粗犷式的播种方式^[14], 弊端逐步凸显, 蕨麻品质和繁殖率受到影响, 出现产品质量下降、繁殖率降低以及土壤覆盖率下降等品种退化现象, 经济效益和生态效益都受到影响, 特用型蕨麻产业发展受到阻碍。因此, 为了保持蕨麻产业的发展, 除了要恢复蕨麻品种优良

收稿日期: 2023-03-10; 修回日期: 2023-05-05

基金项目: 青海省中央引导地方科技发展-科技成果转化项目(2023ZY020); 青海民族大学2022年校级规划项目(2022XJX14)

作者简介: 田甜(1997-), 女, 贵州铜仁人, 硕士研究生。

E-mail: 1138115730@qq.com

*通信作者。E-mail: ljqlily2002@126.com

种性之外,筛选出优良种质和新品种也是促进蕨麻产业发展的一个重要内容,而得到优良种源是进行优质种质筛选研究的基础。

当前蕨麻种源混杂,近年来发现有退化现象,优质种源缺乏等问题日益凸显^[15],已经影响了其产业化发展。因此,亟需开展蕨麻种源筛选工作,为新品种选育奠定基础。块根播种在蕨麻种植中是主要的种植模式,这也使得蕨麻的一些优良性状退化,对蕨麻优良种质的筛选和培育产生阻碍。兼性生殖是蕨麻的繁殖特性,可以有效填补无性繁殖的不足。此外,蕨麻以匍匐茎蔓延生长的模式也为蕨麻种子的散播提供了条件。研究表明,无性繁殖作物更容易出现品种退化问题,有性繁殖作物的种子有更强的种子生活力和抗病性,产量也会增加^[16]。因此,可以通过种子播种来恢复蕨麻品种,以期能够筛选出合适的品种进行进一步品种研究,从而促进蕨麻产业发展。优良种源是蕨麻优良种质筛选的基础,而优良的种子是优良种源的关键^[17]。种子性状是由生长环境和遗传物质共同作用的结果^[18],可以反映种源种子是否优良。地理阻隔、海拔、气候温度以及水源供给等环境因素的不同都可能导致种子性状的变化,且由于种子性状比较直观和测定时操作简单的优点,至今仍是植物遗传

多样性研究的热点^[19]。韦晓敏等^[20]对不同来源使君子种子形态特征分析发现居群间的形态分化与地理位置显著相关;任俊杰等^[21]对蒙古栎种子形态特征分析发现海拔与种宽存在显著负相关,但与千粒重存在极显著负相关,整体表型性状随地理梯度变异明显,呈“东北—西南”种源质量逐渐下降的趋势。当前对蕨麻种子的研究相对较少,还处于初始阶段。盆栽试验表明,当年采收的种子不具有萌发能力,休眠一年的蕨麻种子的萌发率为2%~3%,而野生蕨麻种子萌发率尚未进行任何研究^[1]。因此,对不同种源蕨麻种子进行研究既可以填补相关研究领域的空白,也可以为蕨麻优质种源进行筛选做基础。本研究以30份不同种源蕨麻种子为试验材料,对不同种源蕨麻种子形态性状进行分析,以期明确蕨麻种子形态性状多样性和遗传关系,为种子资源的合理利用、保护策略制定以及后续优良种质筛选提供依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

研究材料采集于2022年7—8月,30份蕨麻种质种子均来自于青海省西宁市湟源县日月藏族乡山村蕨麻种植资源圃(101°12'41" E, 36°33'55" N)(表1)。

表1 不同种源蕨麻种子采样序号信息

Table 1 Basic information of *A. anserina* from different provenances

种源序号	资源圃编号	收集省份	种源序号	资源圃编号	收集省份
种源 1	合作 01	甘肃省	种源 16	碌曲 05	四川省
种源 2	循化 01	青海省	种源 17	门源 03	青海省
种源 3	大通 02	青海省	种源 18	东北 02	吉林省
种源 4	黄南 06	青海省	种源 19	海西 61	青海省
种源 5	若尔盖 01	四川省	种源 20	张家口 01	河北省
种源 6	海东 01	青海省	种源 21	康定 01	四川省
种源 7	兴海 01	青海省	种源 22	玉树 13	青海省
种源 8	黄南 01	青海省	种源 23	海西德令哈	青海省
种源 9	肇东 02	黑龙江省	种源 24	青海湖 01	青海省
种源 10	昌五 01	黑龙江省	种源 25	青海蕨麻 2 号	审定品种
种源 11	康定 02	四川省	种源 26	甘德 02	青海省
种源 12	林芝 57	西藏自治区	种源 27	日喀则 31	西藏自治区
种源 13	湟源灰叶	青海省	种源 28	肇东 01	黑龙江省
种源 14	若尔盖 04	四川省	种源 29	齐齐哈尔 01	黑龙江省
种源 15	黄南 10	青海省	种源 30	夏河 02	甘肃省

1.2 指标测量

使用万森 SC-G 型扫描仪、游标卡尺(精度 0.01 mm)以及 PL203 型电子天平对各个种质种子的长度、宽度、厚度、周长、长宽比进行测量,利用五百粒法对种子千粒重进行测定。

1.3 数据处理

将测定的数据记录于 Excel 中,利用 SPSS Statistics 25 软件进行数据分析,分析方法包括主成分分析、方差分析以及相关分析。

利用基于单因素(One-Way ANOVA)方差分析的最小显著差(LSD)多重比较法进行不同种源蕨麻种子性状的方差分析和变异系数分析;选用基于平方欧氏距离的最长距离法对 30 份种质的种子性状指标进行聚类分析,为了消除量纲对聚类关系的影响,参考谢文辉等^[22]的计算方法,将种质性状数据进行 Z 值标准化后再聚类;使用 SPSS Statistics 25 中的相关—双变量方法进行相关性分析。

主成分分析:将原始指标数据量在 SPSS Statistics 25 软件中进行标准化处理,再利用降维—因子分析进行主成分提取,根据提取结果,将各主成分特征值进行开方处理(结果保留)后得到各主成分得分方程 F_i :

$$F_i = T_{1i}Z_1 + T_{2i}Z_2 + \dots + T_{Xi}Z_X$$

式中: T_{Xi} 为第 X 个性状指标的相应载荷因子和第 i 个主成分的特征值的开方值的比值, Z_x 为第 X 个性状的标准化值。

不同种源综合得分 F 计算方法如下:

$$F = F_1 \times C_1 + F_2 \times C_2 + \dots + F_i \times C_i$$

式中: F_i 为第 i 个主成分的得分, C_i 为第 i 个主成分的分方差贡献率。最终以评价得分 F 为基准对各蕨麻种子进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 种子性状特征方差分析及变异分析

对不同种源蕨麻种子性状进行方差分析,结果表明,各性状种源间均有显著差异,变异程度也较大,均大于 11%。其中,种子千粒重变异系数最大,为 23.91%;种源 8 千粒重最小,仅为 0.68 g,种源 24 最大,为 1.54 g,是前者的 2.26 倍。种子长宽比变异系数最低,为 11.09%。其他性状变异系数均在 13%~

18% 之间(表 2)。蕨麻种子不同形态性状都表现出丰富的变异。

2.2 种子性状特征相关性分析

对不同种源蕨麻种子的 6 个性状进行相关性分析,结果表明:种子长度与种子周长、种子厚度、种子长宽比以及种子千粒重均呈现极显著正相关,相关系数分别为 0.797、0.571、0.278 和 0.538;种子长宽比和种子宽度以及种子厚度呈现极显著负相关,系数为 -0.552 和 -0.297;种子长宽比与种子千粒重呈现极显著负相关,系数为 -0.192(表 3)。

2.3 种子性状特征聚类分析

对不同种源蕨麻种子 6 个性状进行聚类分析,结果表明,在阈值为 10 时,可将 30 份种源材料分为 5 个大类(图 1)。根据分类对其进行方差分析和变异分析,结果表明,聚类的 5 个类群各种子性状之间有差异,但差异较小。类群 2 和类群 3 都只有 1 份种质,且各种子性状优良,数据量最大;类群 1 含有 11 份种质,种质宽度、种子厚度以及种子千粒重显著高于类群 4 和类群 5;类群 5 包含 8 份种质,种子周长和种子长度显著高于其他类群;类群 4 含有 9 份种质,在分类群中,种子形态性状没有明显的优势(表 4)。

2.4 种子性状特征主成分分析和综合评价

对不同种源蕨麻种子 6 个性状进行主成分分析,前两个主成分解释了全部方差的 84.356%,说明前两个主成分包含了大部分指标信息,所提取的主成分用来评价种质种子的优良具有可靠度(表 5)。第 1 主成分主要由种子厚度、种子千粒重和种子长度组成,主要反映种子的饱满度和质量性状,贡献率达 54.382%;第二主成分主要载荷为种子长宽比,主要反映种子的形状性状,贡献率为 29.974%。

对以上 6 个性状进行综合评价(表 6)。提取不同种源蕨麻前 2 个主成分的特征值,计算特征向量,得到线性组合得分方程:

$$F_1 = 0.460ZX_1 + 0.346ZX_2 + 0.434ZX_3 + 0.493ZX_4 - 0.142ZX_5 + 0.466ZX_6;$$

$$F_2 = 0.344ZX_1 - 0.482ZX_2 + 0.391ZX_3 - 0.100ZX_4 + 0.697ZX_5 - 0.028ZX_6, (ZX_i \text{ 为各性状 } X_i \text{ 的标准化值})$$

根据主成分的贡献率,将得分进行综合计算,得到综合得分 $F = 0.5438 F_1 + 0.2997 F_2$ 。计算综合得

表2 不同种源蕨麻种子性状方差及变异分析

Table 2 Variance and variation analysis on seed traits of *A. anserina* from different provenances

种源	种子长度/mm	种子宽度/mm	种子周长/mm	种子厚度/mm	种子长宽比	种子千粒重/g
1	1.89±0.04 ^{hij}	1.17±0.03 ^b	4.52±0.15 ^{defg}	0.96±0.05 ^{hi}	1.62±0.04 ^{ab}	0.72±0.01 ^{lm}
2	1.84±0.02 ^{jk}	1.38±0.04 ^b	4.68±0.17 ^{cd}	1.36±0.12 ^{abcd}	1.34±0.04 ^{efgh}	1.02±0.02 ^{fg}
3	1.87±0.02 ^{hij}	1.32±0.02 ^b	4.66±0.03 ^{cd}	1.14±0.01 ^e	1.42±0.03 ^{def}	0.88±0.01 ^{ij}
4	2.50±0.00 ^a	1.73±0.02 ^{ab}	5.55±0.01 ^a	1.44±0.01 ^a	1.44±0.02 ^{de}	1.16±0.02 ^d
5	1.61±0.01 ^{no}	1.15±0.01 ^b	3.50±0.03 ^k	1.02±0.01 ^{fgh}	1.40±0.01 ^{defg}	0.75±0.02 ^{klm}
6	1.93±0.01 ^{ghi}	1.65±0.02 ^{ab}	5.00±0.01 ^b	1.38±0.01 ^{abcd}	1.17±0.02 ^{lmn}	1.44±0.03 ^b
7	2.07±0.02 ^{cde}	1.60±0.01 ^{ab}	3.75±0.13 ^j	1.38±0.02 ^{abcd}	1.29±0.01 ^{hijk}	1.16±0.01 ^d
8	1.70±0.01 ^{lm}	1.09±0.01 ^b	3.39±0.01 ^{kl}	1.00±0.01 ^{ghi}	1.56±0.02 ^{bc}	0.68±0.02 ⁿ
9	1.61±0.02 ^{no}	1.09±0.01 ^b	3.20±0.02 ^m	1.08±0.01 ^{efg}	1.48±0.02 ^{cd}	0.87±0.01 ^{ij}
10	1.53±0.01 ^o	1.29±0.02 ^b	2.93±0.03 ⁿ	1.08±0.01 ^{efg}	1.19±0.03 ^{klmn}	0.75±0.01 ^{klm}
11	1.33±0.01 ^p	2.14±1.00 ^a	2.33±0.01 ^o	0.92±0.01 ⁱ	1.06±0.11 ^o	0.76±0.01 ^{klm}
12	1.58±0.01 ^{no}	1.21±0.03 ^b	2.96±0.01 ⁿ	1.03±0.02 ^{fgh}	1.32±0.04 ^{ghij}	0.81±0.02 ^{jk}
13	2.20±0.01 ^b	1.64±0.01 ^{ab}	4.55±0.02 ^{def}	1.44±0.02 ^a	1.34±0.01 ^{efghi}	1.06±0.12 ^{efg}
14	1.78±0.01 ^{kl}	1.41±0.01 ^b	3.18±0.01 ^m	1.09±0.01 ^{efg}	1.26±0.01 ^{hijkl}	0.85±0.01 ^{ij}
15	2.12±0.02 ^c	1.62±0.02 ^{ab}	4.09±0.01 ^{hi}	1.39±0.01 ^{abcd}	1.31±0.02 ^{ghij}	1.04±0.01 ^{efg}
16	1.85±0.02 ^{ijk}	1.63±0.01 ^{ab}	3.96±0.02 ⁱ	1.40±0.01 ^{abc}	1.14±0.01 ^{mno}	1.07±0.00 ^f
17	2.00±0.01 ^{efg}	1.67±0.01 ^{ab}	4.34±0.03 ^g	1.34±0.01 ^{bcd}	1.20±0.01 ^{klmn}	1.29±0.01 ^c
18	2.03±0.10 ^{def}	1.49±0.01 ^b	4.5±0.01 ^{defg}	1.43±0.01 ^{ab}	1.36±0.07 ^{efgh}	1.34±0.01 ^c
19	1.97±0.03 ^{fg}	1.60±0.01 ^{ab}	4.35±0.03 ^g	1.31±0.01 ^d	1.24±0.02 ^{ijklm}	1.32±0.01 ^c
20	1.64±0.01 ^{mn}	1.33±0.01 ^b	3.42±0.02 ^{kl}	1.08±0.02 ^{efg}	1.23±0.01 ^{klm}	1.04±0.00 ^{efg}
21	1.71±0.02 ^{lm}	1.38±0.01 ^b	3.46±0.01 ^{kl}	1.10±0.01 ^{ef}	1.24±0.01 ^{ijklm}	0.77±0.01 ^{kl}
22	1.96±0.01 ^{fgh}	1.59±0.01 ^{ab}	4.40±0.05 ^{fg}	1.33±0.01 ^{cd}	1.24±0.01 ^{ijklm}	0.98±0.01 ^{gh}
23	2.13±0.03 ^{bc}	1.49±0.03 ^b	4.59±0.02 ^{de}	1.13±0.02 ^e	1.44±0.04 ^{de}	1.08±0.01 ^{ef}
24	2.11±0.06 ^{cd}	1.43±0.03 ^b	4.50±0.1 ^{defg}	1.08±0.03 ^{efg}	1.48±0.03 ^{cd}	1.54±0.01 ^a
25	1.88±0.01 ^{hij}	1.13±0.01 ^b	4.14±0.01 ^h	1.05±0.01 ^{efg}	1.67±0.02 ^a	0.91±0.01 ^{hi}
26	1.87±0.02 ^{hij}	1.31±0.03 ^b	4.18±0.03 ^h	1.10±0.01 ^{ef}	1.44±0.03 ^{de}	0.74±0.01 ^{klm}
27	1.83±0.02 ^{jk}	1.64±0.03 ^{ab}	4.41±0.06 ^{efg}	1.36±0.02 ^{abcd}	1.12±0.02 ^{no}	1.27±0.01 ^c
28	1.66±0.02 ^{mn}	1.13±0.02 ^b	3.31±0.06 ^{lm}	1.00±0.01 ^{ghi}	1.47±0.04 ^{cd}	0.77±0.01 ^{kl}
29	1.97±0.01 ^{fg}	1.31±0.01 ^b	4.79±0.02 ^c	1.08±0.02 ^{efg}	1.51±0.02 ^{cd}	1.11±0.01 ^{de}
30	1.88±0.01 ^{hij}	1.38±0.02 ^b	4.11±0.03 ^{hi}	1.1±0.02 ^{ef}	1.36±0.01 ^{efgh}	0.76±0.04 ^{klm}
均值	1.87	1.43	4.03	1.19	1.34	0.98
变幅	1.33~2.50	1.09~2.14	2.33~5.55	0.92~1.44	1.06~1.67	0.68~1.54
变异系数/%	12.59	16.6	17.94	14.21	11.09	23.91
方差值	71.41 ^{**}	1.69 [*]	163.64 ^{**}	38.38 ^{**}	20.83 ^{**}	82.98 ^{**}

注:**表示在 $P<0.01$ 水平显著,*表示在 $P<0.05$ 水平显著;同列不同小写字母表示在LSD检验0.05水平上差异显著。

分结果表明:种源4得分最高,为2.35,说明其综合性状最为优,是作为优良种质筛选的最佳材料;种源11得分最低,说明其综合性状较差,种质选育时可不将其作为参考(表6)。

3 讨论

3.1 不同种源蕨麻种子性状特征的差异性

种子繁殖是蕨麻繁殖方式之一^[1],可以有效填补无性繁殖的不足。蕨麻种子在脱落后,混合于泥土中

经过寒冬后仍然可以发芽,可提高蕨麻的繁殖率。种子的形态特征主要由植物本身的遗传特性和环境所决定,既有稳定性也有变异性^[23],因此,种子性状常用于植物多样性研究及优质种源筛选^[24-26]。研究表明,生长在不同产地的同一种植物,由于区域和地形条件的隔离,遗传基因会出现一定漂移,形成了不同的地理种源;种子在表型上会出现较大差异^[27-28],这也是蕨麻的不同种质的种子表型表现不完全一致的原因。

表 3 不同种源蕨麻种子性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis on seed traits of *A. anserina* from different provenances

指标	种子长度	种子宽度	种子周长	种子厚度	种子长宽比	种子千粒重
种子长度	1					
种子宽度	0.103	1				
种子周长	0.797**	0.063	1			
种子厚度	0.571**	0.183**	0.539**	1		
种子长宽比	0.278**	-0.552**	0.226**	-0.297**	1	
种子千粒重	0.538**	0.171**	0.549**	0.573**	-0.192**	1

注:**表示在 $P < 0.01$ 水平相关性显著。

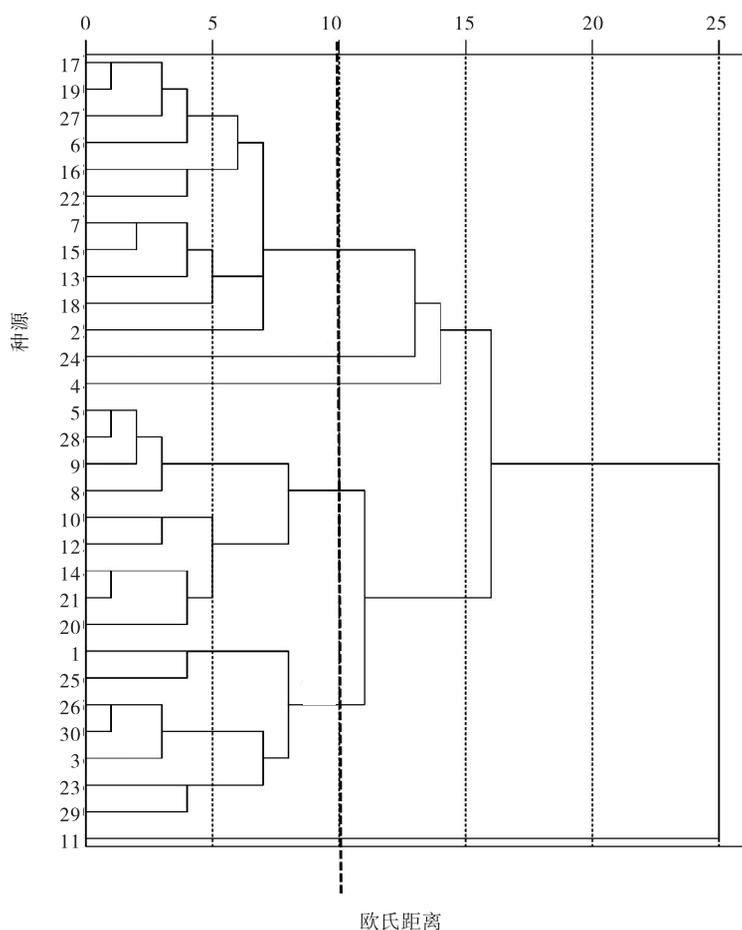


图 1 不同种源蕨麻种子性状聚类分析树状图

Fig. 1 Cluster analysis tree diagram on seed traits of *A. anserina* from different provenances

表 4 不同类群蕨麻种子性状特征

Table 4 Characteristics on seed traits of various *A. anserina* groups

类群	种质数	种子长度/mm	种子宽度/mm	种子周长/mm	种子厚度/mm	种子长宽比	种子千粒重/g
1	11	1.99 ± 0.04 ^c	1.6 ± 0.03 ^b	4.37 ± 0.11 ^c	1.38 ± 0.02 ^b	1.25 ± 0.03 ^c	1.19 ± 0.05 ^b
2	1	2.11 ± 0.06 ^b	1.43 ± 0.03 ^c	4.50 ± 0.1 ^b	1.08 ± 0.03 ^{cd}	1.48 ± 0.03 ^a	1.54 ± 0.01 ^a
3	1	2.50 ± 0.01 ^a	1.73 ± 0.02 ^a	5.55 ± 0.01 ^a	1.44 ± 0.01 ^a	1.44 ± 0.02 ^b	1.16 ± 0.02 ^b
4	9	1.65 ± 0.03 ^d	1.24 ± 0.05 ^d	3.27 ± 0.07 ^d	1.06 ± 0.02 ^c	1.35 ± 0.05 ^{ab}	0.81 ± 0.04 ^{cd}
5	8	1.86 ± 0.09 ^c	1.41 ± 0.12 ^{cd}	4.17 ± 0.28 ^c	1.06 ± 0.03 ^c	1.44 ± 0.07 ^b	0.87 ± 0.06 ^c

表5 不同种源蕨麻种子性状主成分分析

Table 5 Principal component analysis on seed traits of *A. anserina* from different provenances

指标	成分	
	1	2
种子厚度	0.890	-0.134
种子千粒重	0.842	-0.038
种子长度	0.831	0.461
种子周长	0.784	0.524
种子长宽比	-0.257	0.935
种子宽度	0.625	-0.646
特征值	3.263	1.798
贡献率/%	54.382	29.974
累计贡献率/%	54.382	84.356

表6 不同种源蕨麻种子性状综合评价

Table 6 Comprehensive evaluation on seed traits of *A. anserina* from different provenances

种源	主成分得分		综合得分	得分排名
	F1	F2		
1	-1.52	2.26	-0.15	18
2	0.79	0.31	0.53	12
3	-0.21	1.00	0.18	15
4	3.53	1.44	2.35	1
5	-2.26	0.32	-1.13	27
6	2.64	-0.78	1.20	4
7	1.38	-0.57	0.58	11
8	-2.57	1.24	-1.02	24
9	-2.2	0.56	-1.03	25
10	-2.16	-1.44	-1.61	29
11	-2.01	-4.28	-2.38	30
12	-2.35	-0.52	-1.44	28
13	2.15	0.17	1.22	2
14	-1.21	-0.85	-0.91	22
15	1.53	-0.28	0.75	9
16	1.16	-1.56	0.16	16
17	1.97	-0.93	0.79	6
18	2.07	0.27	1.21	3
19	1.74	-0.61	0.76	8
20	-1.07	-0.92	-0.86	21
21	-1.33	-0.86	-0.98	23
22	1.11	-0.57	0.43	14
23	0.85	1.02	0.77	7
24	1.39	1.23	1.12	5
25	-1.22	2.29	0.02	17
26	-0.94	0.85	-0.25	19
27	1.72	-1.45	0.50	13
28	-2.39	0.66	-1.10	26
29	0.22	1.64	0.61	10
30	-0.78	0.34	-0.32	20

蕨麻起源早,在西北地区分布范围广,在长期的自然演替和人工种植中,形成了不同地域的种源,不同地域环境、气候、光照、气温及海拔等因素互相作用,从而导致不同地域的种源在表型上也发生了不同程度的差异。本研究中,30个不同种源的蕨麻在表型性状上发生了丰富的变异,变异系数均在11%以上,表明蕨麻种子具有丰富的遗传变异和遗传改良潜力,有利于优良种质的筛选,这与前人在西番莲(*Passiflora* spp.)^[28]、栝楼(*Firchosanthes kirilewii*)^[19]等种子上的研究结果相似。性状变异是种源选择和良种选育的重要基础^[29],本研究表明在蕨麻种子的6个性状中种子千粒重变异系数(23.91%)最大,并且种子千粒重与种子长度、种子宽度、种子周长及种子厚度呈极显著相关,表明种子千粒重可作为蕨麻优良种质资源筛选的重要指标。同时,聚类分析表明,类群3的种子千粒重最大,各性状指标最优,可作为优良种质筛选的群体。已有研究表明,种子粒重是决定作物产量的重要因素,其受环境条件的影响相对较小,对种子产量的直接贡献最大,通过对种子粒重的选择可以提高产量^[30]。因此,利用不同种源筛选优良蕨麻种质具有可操作性,在筛选时可重点关注种子千粒重较大的种源群体。

3.2 不同种源蕨麻种子性状特征综合评价

种子形态特征的差异由多个性状共同构成,各性状之间表现的差异程度不同。这与种源本身生境、气候、种植方式以及遗传均有关系,共同作用使得种子性状发生改变和表现出差别。研究结果表明,蕨麻不同种源种子间差异主要集中在种子厚度、种子千粒重和种子长度。对种子进行综合评价,可以有效提高优质品种选育和筛选的效率^[31],通过最终综合得分在理论上得出最佳种质,为后续研究提供基础。综合评价可以通过主成分分析来研究,主成分分析可以将研究中种子长度、种子宽度、种子周长、种子厚度、种子长宽比以及种子千粒重6个指标进行转化成相互独立的主成分,综合反映各指标的主要信息,主成分分析在黄瓜新品种筛选、玉米产量品种选育以及稻米营养品质筛选等物种中均有研究,目前已广泛用于种源综合评价中^[32-34]。本研究中将6个种子性状进行主成分分析后得到2个主成分,并对不同种源蕨麻种子进行综合得分计算,结果表明,种源4得分最高(2.35),说明

其综合性状最为优,是作为优良种质筛选的较好的种源。

本研究仅从种子性状特征的角度来探讨优良种质的筛选,对表现优良的种子并未进行萌发试验及后续各指标之间的相关性分析,结果不能完全说明各个种源质量的优劣,但可为后续研究奠定重要基础。

4 结论

30份不同种源蕨麻种子的各个性状间均表现出极显著差异和丰富的变异,不同种源性状差异主要集中在种子的厚度、千粒重和长度,种源4为综合性状最佳的种质,可以将其作为蕨麻新品种筛选的候选和主要种植的种源。

参考文献:

- [1] 李军乔,蔡光明,李灵芝. 中国蕨麻[M]. 北京:科学出版社,2020:1-6,43,307.
- [2] 刘欣. 青藏高原蕨麻的分子谱系地理学研究[D]. 西宁:青海民族大学,2019.
- [3] De S M F, Baker M L. A census of the vascular plants of Tasmania, including Macquarie Island [M]. Hobart: Tasmanian Herbarium, Tasmanian Museum and Art Gallery, 2021:79.
- [4] 谢学渊,王强. 蕨麻提取物抗衰老作用研究[J]. 重庆医学,2007(8):734-73.
- [5] 郭杰,王吉鸿,贾国军,等. 蕨麻化学成分及药理活性研究[J]. 现代盐化工,2022,49(3):37-39.
- [6] 贾守宁,杨卉. 蕨麻抗缺氧作用的实验研究[J]. 中国民族医药杂志,1999(1):37.
- [7] 刘素君,李世元,宋九华,等. 鹅绒委陵菜多糖抗肿瘤作用研究[J]. 中国现代应用药学,2011,28(3):185-188.
- [8] 田甜,李军乔,吕博文. 青海湟源蕨麻访花昆虫多样性及访花行为[J/OL]. 甘肃农业大学学报:1-13. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1055.S.20230413.1844.002.html>.
- [9] 张锦. 蕨麻对汞、铅、镉、铬的富集规律研究[D]. 西宁:青海民族大学,2018.
- [10] 白世俊,李军乔,牛永昆. 蕨麻种质资源总皂苷含量的比较研究[J]. 青海科技,2022,29(5):111-117+141.
- [11] Wu D Y, Feng Y Y, Tang F, et al. Development and characterization of DEC-205 receptor targeted Potentilla anserina L polysaccharide PLGA nanoparticles as an antigen delivery system to enhance in vitro and in vivo immune responses in mice [J]. International journal of biological macromolecules, 2022, 224:998-1011.
- [12] Zhang X F, Feng Q C, Jian J, et al. Response of leaf stoichiometry of Potentilla anserina to elevation in China's Qilian Mountains [J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13:941357.
- [13] Ji T Q, Zhang J. Representation of polysaccharide molecules by SNFG and 3D-SNFG methods—Take Potentilla anserina L polysaccharide molecule as an example [J]. Biochemical and Biophysical Research Communications, 2022, 617(P2):7-10.
- [14] 李晨芹. 蕨麻根腐病原真菌分离鉴定及致病机理研究[D]. 西宁:青海民族大学,2022.
- [15] 李晨芹,李军乔,王鑫慈,等. 蕨麻根腐病原菌的分离鉴定及其生物学特性研究[J]. 草业学报,2022,31(4):113-123.
- [16] 付存念. '麻江红蒜'栽培现状调查及高产栽培关键技术研究[D]. 南京:南京农业大学,2018.
- [17] Meirdes J E, Tozzi A M G A, et al. Seed and embryo morphology of Poecilanthe (Fabaceae, Papilionoideae, Brongniartieae) [J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2008, 158(2):249-256.
- [18] 任红剑,丰震,乔谦,等. 元宝枫叶片形态特征的地理变异[J]. 西北林学院学报,2018,33(1):119-125.
- [19] 郑雷,王化东,崔丽,等. 不同种源栝楼种子性状分析[J/OL]. 中国农业科技导报:1-9. <https://doi.org/10.13304/j.nykjdb.2022.0091>.
- [20] 韦晓敏,吴芳蕾,林青青,等. 不同来源使君子果实、种子形态特征与环境因子的相关性[J]. 亚太传统医药, 2022, 18(11):49-53.
- [21] 任俊杰,庞新博,刘昭阳,等. 不同种源蒙古栎种子表型性状的多样性[J]. 浙江农林大学学报, 2022, 39(6):1221-1228.
- [22] 谢文辉,赵文武,王雷挺,等. 22份百脉根种质资源表型数量性状的遗传多样性分析[J/OL]. 草地学报:<http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3362.S.20221107.1434.002.html>.
- [23] 何丽娟,王有科,张如力,等. 柴达木盆地不同枸杞群体种子表型多样性分析[J]. 草原与草坪, 2016, 36(5):34-39.
- [24] 陈巍,王力荣,朱更瑞,等. 基于SSR标记和生物学性状进行桃遗传多样性的比较分析[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(1):86-90.

- [25] 何权,蒋瑞娟,朱军,等. 新疆梭梭种子表型性状变异分析及相关研究[J]. 植物资源与环境学报,2019,28(3):26-32.
- [26] 常恩福,张清,肖桂英,等. 铁橡栎不同种源及家系种子的形态特征及变异[J]. 种子,2020,39(6):53-58.
- [27] 李芳. 樟树种子性状及对生境的响应[D]. 南昌:江西农业大学,2016:46.
- [28] 徐丽,高玲,陈媚,等. 基于种子数量性状的西番莲遗传多样性分析[J]. 中国南方果树,2022,51(5):55-58+66.
- [29] 郭松,李在留,薛建辉,等. 不同种源掌叶木果实和种子表型性状多样性分析及综合评价[J]. 植物资源与环境学报,2018,27(4):11-20.
- [30] 李振声. 我国小麦育种的回顾与展望[J]. 中国农业科技导报,2010(2):1-4.
- [31] 贺玉林,李先恩,淡红梅. 远志种子质量分级标准研究[J]. 种子,2007,26(1):106-107.
- [32] 王丹丹,李燕,张庆银,等. 基于主成分分析的黄瓜新品种引进筛选综合评价[J]. 北方园艺,2022(23):21-28.
- [33] 唐丽敏,钱双宏,李正润,等. 玉米品种区域试验产量及性状主成分分析[J]. 云南农业,2022(12):60-65.
- [34] 徐清宇,余静,朱大伟,等. 基于主成分分析和聚类分析的不同水稻品种营养品质评价研究[J]. 中国稻米,2022,28(6):1-8.

Analysis on seed morphological traits of *Argentina anserina* from different provenances

TIAN Tian^{1,2}, LV Bo-wen^{1,2}, LI Tao^{1,2}, LI Jun-qiao^{1,2*}

(1. College of Ecology and Environment Qinghai Minzu University, Xining 810007, China; 2. Tibetan Plateau Juema Industry Research Institute, Xining 810007, China)

Abstract: **[Objective]** This study aims to systematically analyze the phenotypic traits of seeds from different sources of *Argentina anserina* and reveal the extent of variation and morphological diversity in *A. anserina* seed traits. **[Method]** Thirty samples of *A. anserina* seeds from different sources were used as materials to measure various parameters, including length, width, circumference, thickness, length-to-width ratio, and thousand-grain weight. Variance analysis, correlation analysis, cluster analysis, and principal component analysis were conducted. **[Result]** 1) There were significant differences ($P < 0.01$) in all six seed traits of *A. anserina*, with considerable variation within each trait. The coefficient of variation for thousand-grain weight was the highest (23.91%), making it an important index for selecting varieties. 2) Seed thickness and thousand-grain weight showed a significantly positive correlation ($P < 0.01$) with seed length, width, length-to-width ratio, and circumference, indicating their importance as selection indices for superior *A. anserina* varieties. 3) The thirty seed sources were classified into five clusters, with clusters 2 and 3 exhibiting relatively larger values for all parameters, thereby suggesting their potential as candidate populations for variety selection. 4) Principal component analysis and comprehensive evaluation revealed that seed thickness, thousand-grain weight, and seed length were the major factors influencing the variation in *A. anserina* seed traits. Among the seed sources, source '4' obtained highest comprehensive trait score of 2.35, making it a candidate for the best variety breeding. **[Conclusion]** Source '4' exhibits favorable comprehensive traits and can be considered as a candidate for screening new *A. anserina* varieties and as a primary seed source for cultivation. The research provides a theoretical basis for the breeding of new *A. anserina* varieties.

Key words: *Argentina anserina*; seed; seed traits; principal component analysis; comprehensive evaluation.