

不同种源一年生早熟禾种子质量和幼苗生长特性与生态因子的相关性

李娟霞,白小明*,李萍,闫玉邦,张才忠,郑锋,朱雅楠

(甘肃农业大学草业学院,草业生态系统教育部重点实验室,甘肃省草业工程实验室,中-美草地畜牧业可持续发展研究中心,甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】研究不同种源一年生早熟禾(*Poa annua*)种子质量和幼苗生长特性与生态因子的相关性,为野生一年生早熟禾种质资源收集和良种选育提供基础数据和理论依据。【方法】以9个野生一年生早熟禾种子为试验材料,比较不同种源种子质量和萌发特性,并采用隶属函数法对其种子质量进行综合评价。【结果】一年生早熟禾种子和幼苗生长性状在不同种源间存在显著差异($P<0.05$)。种长、长/宽、胚芽长和幼苗鲜重与经度、年均温度和无霜期呈正相关。种子发芽率、发芽势、发芽指数和千粒质量与年均降水量和海拔呈正相关,且生态因子对种子和萌发性状的影响大小为:海拔>年均降水量>经度>年均温度>无霜期>纬度。隶属函数综合评价显示,9个野生一年生早熟禾种子质量排序依次为:甘州>湟中>平安>永昌>天祝>安宁>榆中>凉州>秦州。【结论】种源为甘州和湟中的一年生早熟禾种子种质优良,具有推广潜力。

关键词:一年生早熟禾;种源;种子质量;综合评价

中图分类号:S688.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2024)03-0062-09

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2024.03.008



早熟禾属(*Poa*)植物是一种极具应用价值的草坪草,广泛分布于温带和寒带地区。在全球范围内已有500余种被收录^[1],中国就有231种左右,主要分布在华北、西北、东北、西南及南方冷凉湿润的环境中^[2]。该属草坪草具有耐阴性强、早春返青早、冬季枯黄晚、绿期长和耐践踏能力强等特点,不仅是西北地区草坪建植中广泛使用的一类冷季型草坪草^[3-5],也具有极高的观赏和实用价值^[6-7]。

种子不仅是植物繁衍的重要基础,也是研究植物表型多样性、梯度差异和表型区划的重要材料,故种子一直是生物学家所关注的重要研究对象^[8]。近年

来,不少学者发现不同种源种子形态、发芽率、幼苗质量等性状间的差异与其种源的地理气候因子有关,揭示不同地理区域同一物种种子表型变异程度及规律,在种子引种驯化、草坪建植和种质资源保护等方面具有重要意义^[9-11]。

一年生早熟禾(*Poa annua*)为禾本科(*Gramineae*)早熟禾属草坪草,在我国大多数地区及亚洲其他国家均有分布。具有耐修剪,抗逆性强,存活率高,易于成坪,耐践踏,可粗放管理等特性。随着国内城市化进程的加快与城市绿化标准的提高,一年生早熟禾在快速建植冬、春季优良短期观赏草坪,秋末草坪交播或补播的先锋草种材料方面应用前景十分广阔,近年来作为新型草坪草种广受关注^[12]。目前,关于一年生早熟禾的研究主要集中在杂草除杂^[13-14]、种质资源遗传多样性分析等^[15]方面,关于系统评价不同种源一年生早熟禾种子质量及影响其质

收稿日期:2022-09-01;**修回日期:**2022-10-10

基金资助:国家自然科学基金项目(31560667)

作者简介:李娟霞(1993-),女,甘肃庄浪人,博士研究生。

E-mail:1135459701@qq.com

*通信作者。E-mail:baixm@gsau.edu.cn

量的环境因子构成方面的研究较少。鉴于此,本研究通过比较甘肃和青海境内不同种源的 9 个野生一年生早熟禾种子质量和幼苗生长特性的差异,分析它与种源地地理、气候因子间的相关性,以期对野生一年生早熟禾种质资源的收集、保存及良种选育提供基础数据和理论依据。

表 1 不同种源野生一年生早熟禾主要生态因子

Table 1 Main ecological factors of wild *Poa annua* from different provenances

种源编号	种源	经度	纬度	海拔/m	年均降水量/mm	年均温度/℃	无霜期/d	生境
YZAN	甘肃兰州市安宁区	103°42' E	36°52' N	1 543	325	10	186	绿化带
YZYZ	甘肃兰州市榆中县	104°11' E	36°40' N	1 940	390	7	139	绿化带
YZQZ	甘肃天水市秦州区	105°44' E	34°30' N	1 350	536	10	159	路边
YZLZ	甘肃武威市凉州区	102°63' E	37°95' N	1 523	144	9	163	植物园
YZYC	甘肃金昌市永昌县	104°54' E	34°101' N	1 965	185	6	137	绿化带
YZGZ	甘肃张掖市甘州区	103°15' E	36°99' N	1 478	128	7	159	绿化带
YZTZ	甘肃武威市天祝县	101°4' E	38°96' N	2 783	397	4	137	绿化带
YZPA	青海西宁市平安区	102°10' E	36°25' N	2 210	411	6	136	绿化带
YZHZ	青海西宁市湟中区	101°78' E	36°51' N	2 677	560	3	150	路边

注:下文中出现的材料名称均以表中编号表示。

1.2 种子形态特征测定

用游标卡尺测定各种源一年生早熟禾的种长(Seed length, SL)、种宽(Seed width, SW),精确到 0.01 mm,并计算种子长宽比(Length/Width, L/W)。根据草种子检验规程^[16]测定各种源种子千粒质量(Thousand kernel weight, TKW),精确到 0.01 g。

1.3 种子发芽指标测定

供试种子先用 0.2% H₂O₂ 浸泡消毒 1 h,再用 75% 的酒精消毒 30 s,蒸馏水冲洗 5~6 次,晾干。将消过毒的 100 粒种子均匀的放在直径 9 cm 且铺有 2 层滤纸的培养皿,加 8 mL 蒸馏水,置于 24 ℃,12 h 光照/12 h 黑暗的 FYZ—智能光照培养箱内进行萌发试验,设置 4 次生物学重复。

自种子培养开始每天统计发芽数,以胚根长 0.2 cm 为标志。第 14 天统计不同处理下种源种子的发芽势,共处理 28 d。第 28 天时统计种子的发芽率(Germination rate, GR)、发芽势(Germination potential, GP)、发芽指数(Germination index, GI)和活力指数(Vitality Index, VI),并测定幼苗胚芽长(Germ length, GL)和胚根长(Radicle length, RL),称量幼苗鲜重(Fresh weight, FW)。计算公式如下:

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试的 9 个野生一年生早熟禾种子于 2021 年 5—10 月在甘肃和青海境内采集,其地理位置及气候条件见表 1。

$GR = \text{发芽结束时正常发芽种子数} / \text{供试种子数} \times 100\%$

$GP = \text{发芽 14 d 时正常发芽的种子数} / \text{供试种子数} \times 100\%$

$GI = \Sigma(\text{每天正常发芽种子数} / \text{对应发芽天数})$

$VI = \text{胚芽长} \times \text{发芽指数}$

1.4 数据分析

利用 Excel 2010、SPSS 20.0 统计分析软件进行数据处理和主成分分析等,采用 Origin 做相关性分析,使用 Graph Pad Prism 9 绘图,运用 Canoco 5.0 进行冗余分析,利用隶属函数法计算各种质的种子质量综合评价^[17]。各综合指标的隶属函数值: $\mu(X_j) = (X_j - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$, $\mu(X_j)$ 表示第 j 个指标的隶属函数值; X_j 表示第 j 个指标值; $X_{\min}$ 表示第 j 个指标最小值; $X_{\max}$ 表示第 j 个指标最大值。

2 结果与分析

2.1 不同种源一年生早熟禾种子形态特征分析

不同种源一年生早熟禾 SL 变化范围为 1.86~2.85 mm,最长的是 YZPA 种源,为 2.85 mm,最短的是 YZHZ 种源,前者是后者的 1.53 倍;SW 变化范围为 0.63~0.86 mm,最宽的是 YZHZ 种源,为 0.86 mm,

最短的是 YZTZ 种源,前者是后者的 1.37 倍 ($P<0.05$);种子 L/W 变化范围为 2.23~3.59,其中 YZHZ、YZLZ、YZYC 种源种子的 L/W 较小,普遍呈椭圆形,而 YZAN、YZTZ、YZQZ、YZZY、YZPA、YZYZ 种源种子的 L/W 较大,均大于 3.0,种子偏向纺锤形;不同种源一年生早熟禾种子 L/W 随 SL 的变化呈现较为相似的变化趋势,SW 的变异系数最小,变化趋势也较为平缓;TKW 最大的种源是 YZPA,最小的是 YZAN、YZYZ、YZQZ 和 YZLZ 种源,前者是后者的 1.38 倍。

表 2 不同种源一年生早熟禾种子表型性状差异性分析
Table 2 Differences in phenotypic traits of *Poa annua* seeds from different provenances

种源编号	SL/mm	SW/mm	L/W	TKW/g
YZAN	2.02±0.01 ^{cd}	0.67±0.05 ^{ab}	3.03±0.11 ^{ab}	0.21±0.01 ^e
YZYZ	2.34±0.15 ^{bc}	0.64±0.03 ^b	3.68±0.37 ^a	0.21±0.05 ^e
YZQZ	2.42±0.04 ^b	0.72±0.02 ^{ab}	3.36±0.11 ^a	0.21±0.09 ^e
YZLZ	2.19±0.03 ^{bcd}	0.76±0.02 ^{ab}	2.89±0.06 ^{ab}	0.21±0.03 ^e
YZYC	2.28±0.03 ^{bc}	0.78±0.01 ^{ab}	2.93±0.05 ^{ab}	0.22±0.02 ^d
YZGZ	2.51±0.05 ^b	0.76±0.07 ^{ab}	3.48±0.30 ^a	0.22±0.04 ^d
YZTZ	2.00±0.09 ^{cd}	0.63±0.02 ^b	3.18±0.21 ^{ab}	0.25±0.02 ^b
YZPA	2.85±0.04 ^a	0.80±0.03 ^{ab}	3.59±0.19 ^a	0.29±0.05 ^a
YZHZ	1.86±0.11 ^d	0.86±0.06 ^a	2.23±0.24 ^b	0.23±0.07 ^e
变异系数(%)	13.28%	10.27%	14.17%	11.76%

注:同列不同小写字母表示不同种源地之间差异显著($P<0.05$)。

2.2 不同种源一年生早熟禾种子萌发特性

不同种源一年生早熟禾种子的 GR、GP、GI 和 VI 间存在差异(图 1)。GR 最高的是 YZHZ(95.67%),最低的是 YZQZ(83.33%),前者是后者的 1.15 倍。GR 在 90% 以上的有 6 个种源,占供试种源数的 66.67%(图 1-A);GR 在 80%~90% 的有 3 个种源,占供试种源数的 33.33%。GP 最高的是 YZHZ(92.67%),最低的是 YZYZ(69.33%),前者是后者的 1.34 倍。GP 在 90% 以上的有 1 个种源,占供试种源数的 11.11%;GP 在 80%~90% 的有 3 个种源,占供试种源数的 33.33%(图 1-B);GP 在 70%~80% 的有 3 个种源,占供试种源数的 33.33%;GP 在 60%~70% 的有 2 个种源,占供试种源数的 22.22%。

一年生早熟禾不同种源种子 GI 的变化范围为 6.95~14.7,平均值为 9.60,GI 最大的是 YZHZ,最小的是 YZQZ,前者是后者的 2.12 倍。其中,YZHZ 和 YZYC 种子的 GI 均大于 10,且两种源间的 GI 差异显著($P<0.05$)(图 1-C)。一年生早熟禾不同种源种子 VI 的变化范围为 11.92~22.44,平均值为 16.58,VI 最大的仍是 YZHZ,最小的是 YZYZ,前者是后者的 1.88 倍,且 YZHZ 种源的 VI 大于 20,与 YZAN、YZYZ

和 YZPA 种源种子的 VI 均差异显著($P<0.05$)(图 1-D)。

2.3 不同种源一年生早熟禾幼苗生长特性

不同种源一年生早熟禾幼苗的 GL、RL、R/G 及 FW 间存在差异(图 2、图 3)。不同种源幼苗的 GL 变化范围为 1.42~2.45 cm,平均值为 1.78 cm。GL 最长的是 YZQZ,最短的是 YZPA,前者是后者的 1.73 倍,且 YZQZ 幼苗的 GL 与其他幼苗的 GL 均差异显著($P<0.05$)(图 2-A)。不同种源幼苗的 RL 变化范围为 3.56~6.43 cm,平均值为 4.73 cm。RL 最长的是 YZGZ,最短的是 YZPA,前者是后者的 1.81 倍。YZGZ 幼苗的 RL 除与 YZHZ 幼苗的 RL 差异不显著外,与其他 7 个幼苗的 RL 均差异显著($P<0.05$)(图 2-B)。不同种源幼苗的 R/G 变化范围为 1.69~3.73,平均值为 2.68。幼苗 R/G 最大的是 YZHZ,最小的是 YZQZ,平均值为 2.68。幼苗 R/G 大于 3.00 的有 3 个种源,均与 YZQZ 幼苗的 R/G 差异显著($P<0.05$)(图 2-C)。不同幼苗 FW 的变化范围为 2.44~3.61 mg,平均值为 2.80 mg。FW 最大的是 YZGZ,最小的是 YZHZ,前者是后者的 1.48 倍。且 YZGZ 幼苗的 FW

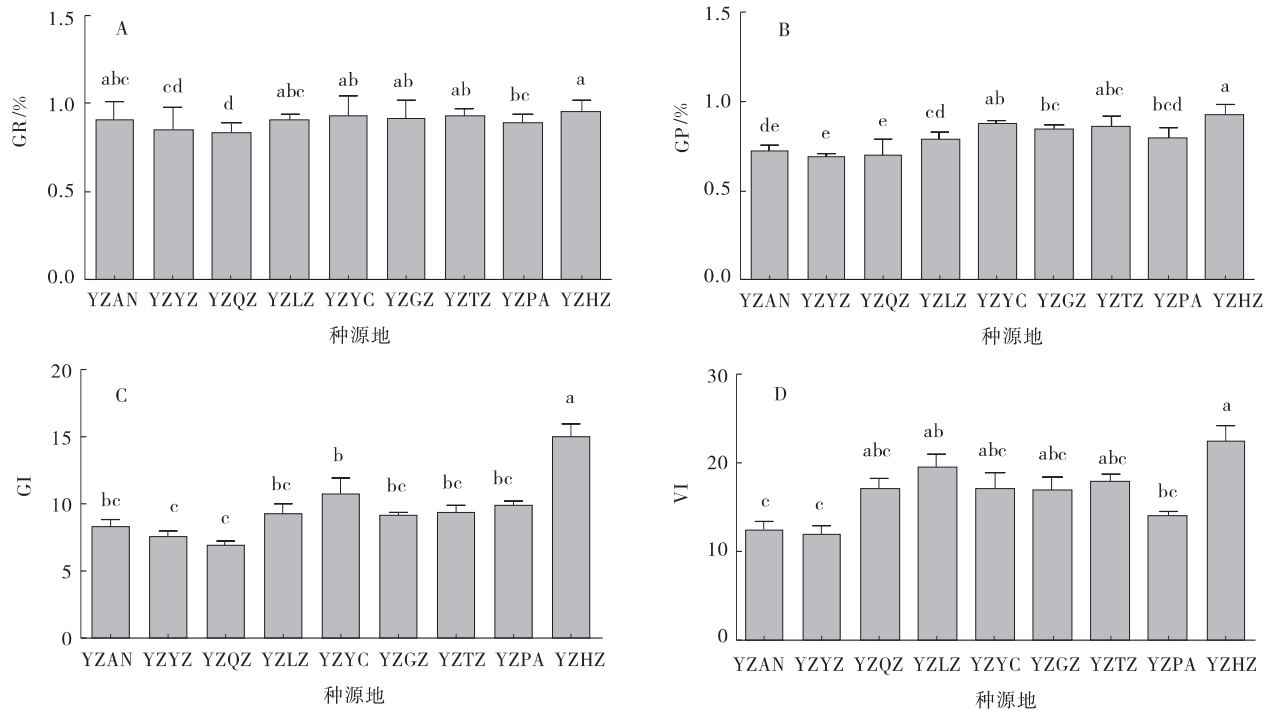


图 1 不同种源一年生早熟禾种子萌发特性

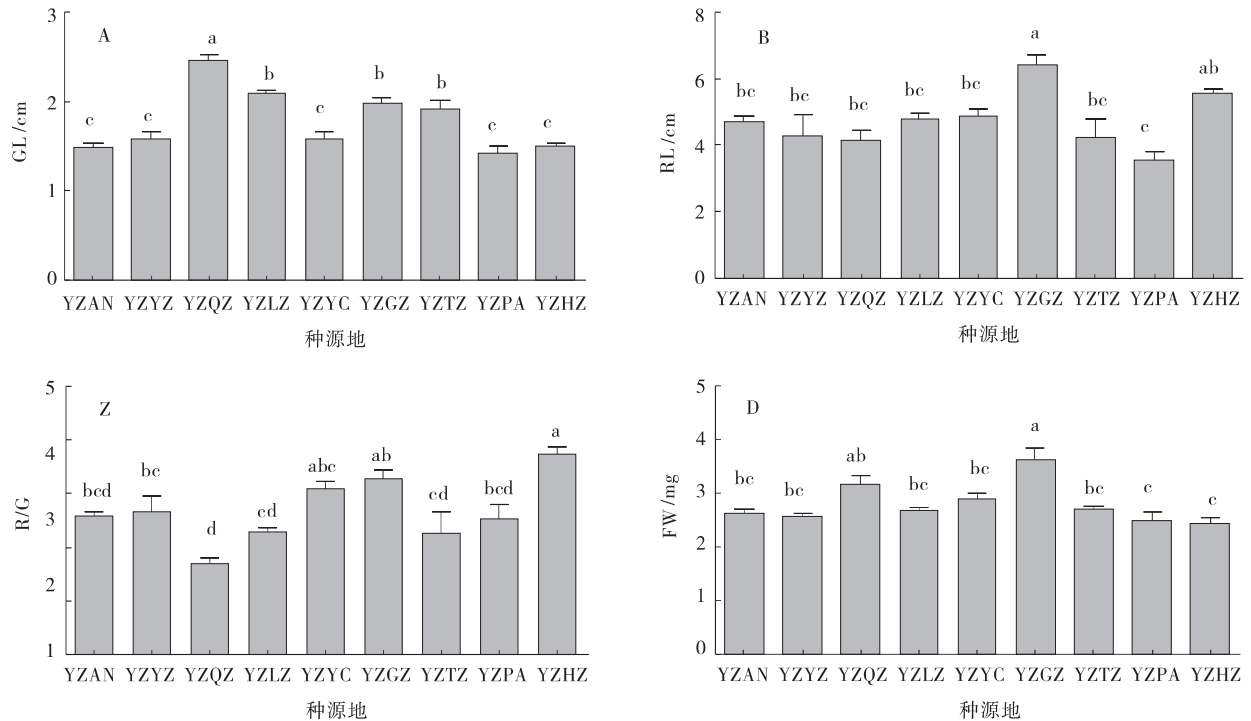
Fig. 1 Germination characteristics of *Poa annua* seeds from different provenances

图 2 不同种源一年生早熟禾幼苗生长特性

Fig. 2 Growth characteristics of *Poa annua* seedlings from different provenances

除与 YZQZ 幼苗的 FW 差异不显著外,与其他 7 个幼苗的 FW 均差异显著 ($P < 0.05$) (图 2-D)。

2.4 一年生早熟禾种子质量和幼苗性状间的相关性分析

SL 与 L/W 呈极显著正相关 ($P < 0.01$),与 GR 呈

极显著负相关 ($P < 0.01$); SW 与 L/W 呈极显著负相关 ($P < 0.01$),与 GI 呈极显著正相关 ($P < 0.01$),与 GP 和 R/G 呈显著正相关 ($P < 0.05$); L/W 与 GR、GI 和 VI 呈极显著负相关 ($P < 0.01$); GR 与 GP、GI、VI 和 R/G 呈极显著正相关 ($P < 0.01$), GP 与 GI、VI 和

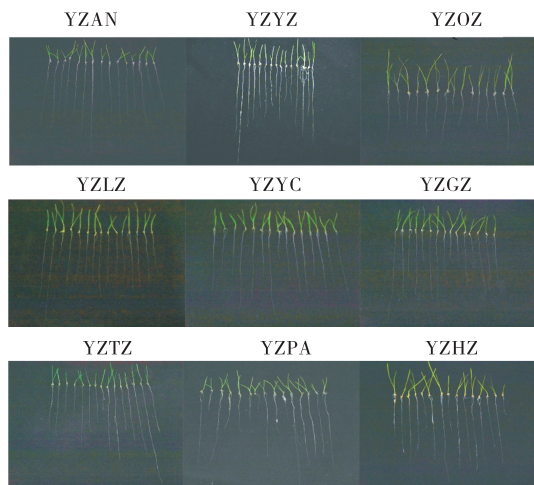


图3 不同种源一年生早熟禾幼苗生长情况

Fig. 3 Growth of *Poa annua* seedlings from different provenances

R/G呈极显著正相关($P<0.01$);GI与VI和R/G呈极显著正相关($P<0.01$);RL与R/G呈极显著正相关($P<0.01$),与FW呈显著正相关($P<0.05$);GL与R/G和FW呈极显著正相关($P<0.01$)(图4)。

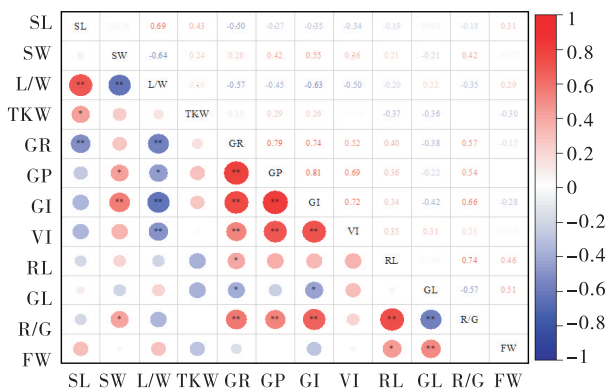


图4 一年生早熟禾种子质量与幼苗性状间的相关性

Fig. 4 Correlation between seed quality and seedling characters of *Poa annua*

注:*表示显著性相关($P<0.05$);**表示极显著相关($P<0.01$)。r图注表示-1~1的相关程度值,红色表示正向相关,蓝色表示负向相关,颜色越深则相应的正(负)相关性越大

2.5 一年生早熟禾种子和幼苗性状对生态因子的响应

将种源地气候因子、经度、纬度、海拔、年均降水量、年均温度、无霜期等作为解释变量,12个野生一年生早熟禾种子和幼苗的SL、SW、L/W、TKW、GR、GP、GI、VI、RL、GL、R/G、FW等12指标作为响应变量。对两个变量进行冗余分析,2个典范轴的解释比例分别为89.62%和8.29%,能较好的反映种源地理、

气候因子对种子和幼苗生长特性的影响。其中FW、RL、SW、L/W与经度、年均温度和无霜期整体上呈正相关;GR、GP和TKW与年均降水量和海拔呈正相关,与年均温度和无霜期呈负相关。GI和VI与海拔、年均降水量和纬度呈正相关,而与经度和年均温度呈负相关,且生态因子对种子和幼苗性状的影响大小为:ALT>MAT>LNG>MAP>FFP>LAT(图5)。

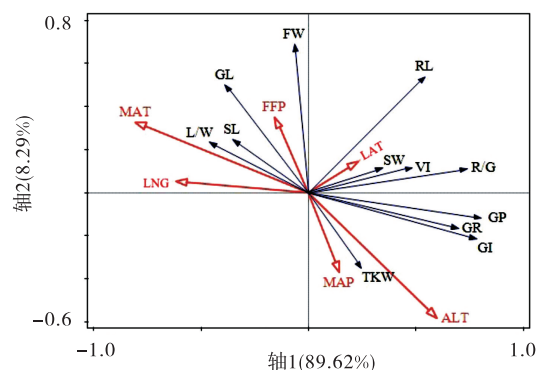


图5 一年生早熟禾种子质量和幼苗生长性状与生态因子的冗余分析

Fig. 5 Redundancy analysis of growth characters and ecological factors of *Poa annua* seeds and seedlings

注:LNG 经度;LAT 纬度;ALT 海拔;MAP 年均降水量;MAT 年均温度;FFP 无霜期。

2.6 一年生早熟禾种子和幼苗性状的主成分分析

采用主成分降维的方法对9个种质的12个性状进行主成分分析(表3)。前4个主成分的累积贡献率为91.45%,具有较好的代表性,可作为评价一年生早熟禾种子质量的综合指标。第1、2和3主成分累积贡献率达到80.90%,基本代表了种子质量指标的大部分信息。选第1、2和3主成分中的较大特征向量GR,GI,L/W,TKW,R/B和FW等6个指标作为9个野生一年生早熟禾种子质量筛选与评价的关键指标。

2.7 不同种源一年生早熟禾种子质量综合评价

为综合反映不同种源一年生早熟禾的种子质量,根据主成分分析筛选结果,将一年生早熟禾种子的GR,GI,L/W,TKW,R/B和FW等作为评价9个一年生早熟禾种子质量的指标,通过隶属函数法计算隶属函数平均值,结果如表4。不同种源一年生早熟禾种子质量排序依次为:YZGZ>YZHZ>YZPA>YZYC>YZTZ>YZAN>YZYZ>YZLZ>YZQZ。

表 3 一年生早熟禾种子质量和幼苗性状的主成分分析
Table 3 Principal component analysis of seed and seedling characters of *Poa annua*

变量	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
SL	-0.52	0.76	-0.27	0.16
SW	-0.07	0.70	0.44	0.35
L/W	-0.17	-0.86	0.40	-0.18
TKW	0.06	-0.80	0.38	0.40
GR	0.90	-0.15	-0.05	-0.14
GP	0.79	-0.11	0.22	0.05
GI	0.95	-0.25	0.02	0.12
VI	0.77	0.38	0.06	0.44
GL	0.31	0.48	-0.53	0.60
RL	-0.33	0.14	0.59	0.37
R/G	0.22	-0.20	0.81	-0.49
FW	-0.17	-0.26	0.84	0.54
特征值	5.12	2.16	1.39	1.01
贡献率/%	44.58	23.24	13.08	10.55
累计贡献率/%	44.58	67.82	80.90	91.45

3 讨论

在个体、组织细胞和分子等不同水平上可体现同一物种的遗传变异,进而使发生的形态变异具有一定的生态适应性^[18-19],并将这种稳定的变异遗传给下一代^[20-21]。种子是受环境影响相对较小的一个繁殖器官,其形态性状相比根茎叶等性状更稳定,在植物分类鉴定和遗传研究方面可提供一定的参考依据^[22]。研究表明,种子大小的变异程度与种子萌发和幼苗成活密切相关^[23]。种子形态性状变异是遗传变异的重要构成部分,形态变异越大,遗传变异的可能性就越大。本研究通过对 9 个一年生早熟禾种子表型性状进行分析,发现不同种源的一年生早熟禾种子的 SL、

SW、L/W 和 TKW 间差异显著($P < 0.05$),具有明显的种源效应。其中 SL 和 L/W 的变异系数值均大于 SW,表明一年生早熟禾的纵向生长变异程度大于横向生长,与杨晓霞等^[24]的研究结果不一致,这可能与植物对环境变化的敏感性有关。

种子萌发受种子内部生理和种子外部生态环境等诸多因素的影响。种子发芽程度是评价种质的一个重要指标,种子越成熟饱满其发芽率越高^[25],VI 越高越有利于高质量苗木的产生^[26]。本研究中,种源湟中种子的一年生早熟禾 GR、GP、GI 和 VI 均明显高于其他种子,表明种源湟中的一年生早熟禾幼苗质量优于其他幼苗。种源的优劣除了与种子形态性状有关外,还与其幼苗性状密切相关,直接影响植物后期的生长发育,进而影响植物的产量和品质^[27]。本研究表明,一年生早熟禾幼苗的 RL、GL、R/G 和 FW 间均差异显著,表明一年生早熟禾幼苗生长性状在种源水平上受到相对较强的遗传力控制。其中,种源甘州和湟中的一年生早熟禾幼苗的 RL、GL、R/G 和 FW 均占明显优势。不同种源一年生早熟禾种子和幼苗性状间存在显著分化,这可能与其分布范围、分布区内环境因素有关。一般而言,植物的分布范围越广则变异越大,分布范围越窄则变异越小;分布区的环境条件越复杂,种源内群体的遗传变异就越大。不同种源间的变异可反映植物在地理生殖隔离上的变异,是种内多样性的重要组成部分^[28],而种源内的变异程度能反映植物对不同环境的适应状况,种源内变异越大,植物的适应范围就越广。野生一年生早熟禾广泛分布于我国北部,本研究选取的 9 个一年生早熟禾主要分布于中温带的大部分地区,气候条件差异较大,年均温

表 4 不同种源一年生早熟禾种子质量综合评价

Table 4 Comprehensive evaluation of the quality of *Poa annua* seeds from different provenances

种源编号	长宽比	千粒质量/g	发芽率/%	发芽指数	根芽比	鲜重/mg	综合评价	排名
YZAN	0.55	0.06	0.59	0.18	0.44	0.17	0.33	6
YZYZ	1.00	0.02	0.16	0.07	0.48	0.11	0.31	7
YZQZ	0.78	0.08	0.00	0.00	0.00	0.63	0.25	9
YZLZ	0.45	0.00	0.59	0.30	0.25	0.21	0.30	8
YZYC	0.48	0.15	0.78	0.48	0.69	0.39	0.50	4
YZGZ	0.86	0.16	0.65	0.27	0.78	1.00	0.62	1
YZTZ	0.65	0.46	0.76	0.30	0.27	0.23	0.45	5
YZPA	0.93	1.00	0.46	0.37	0.41	0.04	0.54	3
YZHZ	0.00	0.62	1.00	1.00	1.00	0.00	0.60	2

度的变幅从3℃到10℃,地理隔离和生态因子的大幅变化造就了表型性状的较大变异。相关研究表明,种子大小与其GR间存在显著正相关,且种子越大则对环境的适应性越强,幼苗的生长效果更佳^[29-30]。但王桔红等^[31]的研究发现,种子大小与种子萌发和幼苗生长之间无显著相关性,甚至呈显著负相关,而变异规律与种源地的地理位置和气候因子的综合作用有关^[32-33]。本研究结果表明一年生早熟禾种子的SL和L/W与GR呈极显著负相关($P<0.01$),这表明一年生早熟禾种子大小可作为预测种子萌发的因子。本研究还发现一年生早熟禾种子的GR、GP、GI、VI间呈极显著正相关($P<0.01$),其中GR与GP和GI的相关系数较大,且GP与VI的相关系数大于GR、GI与VI的相关系数,表明一年生早熟禾种子GP的高低能在一定程度上表征种子VI的高低,这与杨翠等^[34]的研究结果基本一致。

种子的繁殖力除了受遗传基因控制外,在一定程度上还受到气候和土壤等因素的影响^[35]。大量研究表明,种子萌发能力与地理位置、气候、土壤、植被等环境因子密切相关^[36-37]。一年生早熟禾种子性状变异受自身的遗传和所处生境的影响^[20]。本研究表明,一年生早熟禾种子的SW与海拔和无霜期分别呈显著正相关和显著负相关;年均温度与L/W呈显著正相关;无霜期与TKW和GR均呈显著负相关,表明无霜期、年均温度和海拔是影响一年生早熟禾不同种源种子和幼苗性状的主要因子。一年生早熟禾种子的GR、GP、GI和VI与年均降水量呈正相关,表明年均降水量大有利于一年生早熟禾种子的萌发,但与种源地经度的相关性不显著,表明一年生早熟禾种子性状无明显的经度地理变异模式,这与刘军等^[38]的研究结果不一致,可能与植物种类不同有关。本研究还发现,一年生早熟禾幼苗的GL与经度呈正相关,RL与纬度呈正相关,年均降水量和海拔对一年生早熟禾不同种源幼苗的生长有很强的负影响,而年均温度和无霜期对不同种源一年生早熟禾幼苗的生长有很强的正影响,表明低海拔、年均降水量小有利于一年生早熟禾幼苗的生长。这种地理变异在其他植物中也出现过类似现象,林玮等^[39]的研究表明,任豆(*Zenia insignis Chun*)种子厚度和纬度呈负相关,种子长宽比与海拔

呈负相关,但与年均降水量呈正相关;高张莹等^[20]的研究表明,核桃楸(*Juglans mandshurica*)果核形态变异主要受纬度、温度和相对湿度的影响。因此,在进行野生一年生早熟禾优良种源选择时不能只考虑种源地的经纬度,应将种源地的海拔、年均降水量、年均温度和无霜期等也作为选择因子。不同种源一年生早熟禾种子质量的综合评价显示,种源甘州的一年生早熟禾种子质量最佳,种源湟中的一年生早熟禾种子的GR、GP、GI及VI均最大,其种子质量也仅次于种源甘州的一年生早熟禾,平安地理位置虽与湟中相近,但其种子萌发和幼苗生长性状却不及湟中种源,表明影响不同种源一年生早熟禾种子质量的因素通常来源于遗传和环境差异的双因子互作综合效应^[40-41],但具体的调控机制还有待进一步研究。

4 结论

野生一年生早熟禾不同种源的种子和幼苗性状存在较丰富的变异,优良种源的选择潜力较大,且产地的海拔、年均降水量、年均温度和无霜期是影响野生一年生早熟禾性状的主要气候因子。初步认为种源甘州和湟中的一年生早熟禾种子质量较好,在种子和幼苗生长特性上有明显优势,具有推广潜力。

参考文献:

- [1] 彭燕,张新全,周寿荣. 我国主要草坪草种质资源研究进展[J]. 园艺学报,2005(2):359-364.
- [2] 陈雅君,祖元刚,刘慧民,等. 早熟禾种质资源及其遗传改良研究进展[J]. 园艺学报,2008(11):1701-1708.
- [3] 孙吉雄. 草坪学[M]. 第二版. 北京:中国农业出版社,2003:86-88.
- [4] 柳小妮,曹致中. 几种早熟禾耐热性研究[J]. 中国草地,2002(3):40-45.
- [5] 方强恩,孙英,白小明,等. 甘肃早熟禾属野生植物资源分布研究[J]. 中国草地学报,2010,32(6):39-45.
- [6] 原亚超,冯美臣,王超,等. 黄土高原台塬区域麦田土壤养分的管理分区[J]. 山西农业科学,2020,48(5):745-750.
- [7] 朱慧森,王保平,董晓燕,等. 干旱及复水对山西野生草地早熟禾幼苗生长与生理特性的影响[J]. 草业学报,2015,24(7):79-88.
- [8] 冒燕,孙名,冯凯,等. 不同种源紫穗槐种子性状差异的研究[J]. 西南林业大学学报,2012,32(2):26-30.

- [9] 王艺林,吕东,刘贤德,等. 5个种源文冠果果实和种子表型性状变异分析[J]. 经济研究, 2018, 36(3): 38—47.
- [10] 吴忠锋,杨锦昌,尹光天,等. 海南岛油楠天然群体种子表型变异及其对种子萌发、幼苗生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(4): 64—69.
- [11] 陈浩,朱延林,王念,等. 女贞不同种源种子特性研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(4): 24—28.
- [12] 郭彦军. 重庆市区主要的草坪草种及其利用特点[J]. 草原与草坪, 2002(2): 46—50.
- [13] 靖安猛. 草坪养护管理月历技术措施[J]. 现代园艺, 2015(21): 57—59.
- [14] 文亦芾,胡姣璠. 云南高尔夫球场草坪杂草调查及防除对策[J]. 草业科学, 2007(8): 92—95.
- [15] 霍亚迪. 山西不同居群野生草地早熟禾遗传多样性 ISSR 分析[D]. 太原: 山西农业大学, 2016.
- [16] 中华人民共和国国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 草种子检验规程发芽试验: GB/T 2930.4—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [17] 李娟霞,白小明,张翠,等. 7个野生一年生早熟禾种质萌发期耐盐性综合评价[J]. 草地学报, 2022, 30(11): 2937—2948.
- [18] Schaal B A, Leverich W J, Rogstad S H, et al. Comparison of methods for assessing genetic variation in plant conservation biology[C]//Falk D A, Holsinger K E. Genetics and Conservation of Rare Plants. New York: Oxford University Press, 1991: 123—134.
- [19] 牟凤娟,李一果,李双智,等. 大翼厚皮橙叶片及种子形态变异研究[J]. 西南林业大学学报, 2016, 36(3): 54—59.
- [20] 高张莹,张海峰,陈国平,等. 核桃楸种群果核形态及地理变异[J]. 应用与环境生物学报, 2017, 23(4): 609—615.
- [21] 赵阳,毕泉鑫,句娇,等. 文冠果种子及苗期生长性状地理种源变异[J]. 林业科学研究, 2019, 32(1): 160—168.
- [22] 渠纪腾,闫毛毛,戴晓港,等. 马尾松、黄山松及其杂种域球果形态和种子性状变异[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2012, 36(6): 143—146.
- [23] Peco B, Traba J, Evassrc L, et al. Seed size, shape and persistence in dry Mediterranean grass and scrubland[J]. Seed Sci Res, 2003, 13(1): 87—95.
- [24] 杨晓霞,冷平生,郑健,等. 暴马丁香不同种源种子和幼苗的表型性状变异及其与地理—气候因子的相关性[J]. 植物资源与环境学报, 2016, 25(3): 80—89.
- [25] 许亮,窦德强,康廷国,等. 不同产地牛蒡种子发芽实验及萌发初期牛蒡苷与苷元得积累动态研究[J]. 中草药, 2009, 40(S1): 277—279.
- [26] 颜启传. 种子检验原理与技术[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2006.
- [27] 谢英赞,何平,韦品祥,等. 外源 5-氨基乙酰丙酸对盐胁迫下决明幼苗生理特性的影响[J]. 广西植物, 2013, 33(1): 102—106.
- [28] Zizumbo—Villarreal D, Pinero D. Pattern of morphological variation and diversity of *Cocos nucifera* (Arecaceae) in Mexico[J]. American Journal of Botany, 1998, 85: 855—865.
- [29] 谢英赞,王朝英,马立辉,等. 不同种源区桢楠种子形态、发芽特征及幼苗生长情况研究[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(4): 92—99.
- [30] 张金峰,程继铭,闫兴富,等. 种子特征和播种深度对辽东栎种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 广西植物, 2020, 40(2): 226—236.
- [31] 王桔红,崔现亮,陈学林,等. 中、旱生植物萌发特性及其与种子大小关系的比较[J]. 植物生态学报, 2007, 70(6): 1037—1045.
- [32] 刘贵峰,臧润国,刘华,等. 天山云杉种子形态性状的地理变异[J]. 应用生态学报, 2012, 23(6): 1455—1461.
- [33] Rawat K, Bakshi M. Provenance variation in cone, seed and seedling characteristics in natural populations of *Pinus wallichiana* AB Jacks (Blue Pine) in India[J]. Annals of Forest Research, 2011, 54(1): 39—55.
- [34] 杨翠,覃廷英,张建冲,等. 贵州地方稻种质种子活力与籽粒内含物的关系[J]. 山地农业生物学报, 2021, 40(4): 64—68.
- [35] 王葆芳,张景波,杨晓晖,等. 梭梭不同种源间种子性状和幼苗生长性状与地理和气候因子的关系[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(1): 28—35.
- [36] Wright I J, Westoby M, Reich P B. Convergence towards higher leaf mass per area in dry and nutrient-poor habitats has different consequences for leaf life span[J]. The Journal of Ecology, 2002, 90: 534—543.
- [37] 李谭宝,张亚芳,李登武,等. 黄土高原不同地区杜松的种子萌发特性及其与生态因子的相关性[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 139—143+288.
- [38] 刘军,张海燕,姜景民,等. 毛红椿种实和苗期生长性状地理种源变异[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(3): 55—59.

- [39] 林玮,周鹏,周祥斌,等. 任豆种源种子性状地理变异研究[J]. 华南农业大学学报,2016,37(4):69—74.
- [40] Murali K S. Patterns of seed size, germination and seed viability of tropical tree species in southern India[J]. Biotropica,1997,29(3):271—279.
- [41] 武高林,杜国祯. 植物种子大小与幼苗生长策略研究进展[J]. 应用生态学报,2008,19(1):191—197.

Seed and seedling growth characteristics of *Poa annua* with ecological factors from different provenances

LI Juan-xia, BAI Xiao-ming*, LI Ping, YAN Yu-bang, ZHANG Cai-zhong, ZHENG Feng, ZHU Ya-nan

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Grassland Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: 【Objective】 To investigate the relationships between seed and seedling growth of annual bluegrass (*Poa annua* L.) with ecological factors from different provenances in order to provide fundamental data and a theoretical basis for the collection of wild annual bluegrass germplasms and for the breeding of excellent varieties. 【Method】 Wild annual bluegrass seeds collected from nine regions were used as experimental materials to compare the seed quality and germination characteristics in different provenances. Their seed quality was comprehensively evaluated using a membership function method. 【Result】 The results showed that seed and seedling growth of annual bluegrass were significantly different among different provenances ($P < 0.05$). Seed length, width, germ length and seedling fresh weight were positively correlated with the longitude, mean annual temperature and frost-free period. The seed germination rate, potential and index, as well as thousand kernel weight were positively correlated with annual rainfall and altitude. The degree of impact on seed and germination by ecological factors was as follows: altitude > annual rainfall > longitude > annual temperature > frost-free period > latitude. The comprehensive evaluation of the affiliation function exhibited that the quality order of the wild Annual bluegrass of the nine seed sources was ranked as: Ganzhou > Huangzhong > Pingan > Yongchang > Tianzhu > Anning > Yuzhong > Liangzhou > Qinzhou. 【Conclusion】 The seeds of annual bluegrass (Ganzhou) and annual bluegrass (Huangzhong) have the potential as excellent germplasm for breeding of new annual bluegrass varieties.

Key words: *Poa annua*; provenance; seed quality; comprehensive evaluation

(责任编辑 靳奇峰)