

沙米生长特性调查及遗传多样性分析

聂峰杰,甘晓燕,张丽,巩 楠,刘璇,杨文静,宋玉霞

(宁夏农林科学院农业生物技术研究中心,宁夏 银川 750002)

摘 要:为明确不同原生地沙米的生长特性和遗传多样性,在宁夏、甘肃、内蒙古等不同原生地设置样方开展物候期调查、形态学观察、种子营养成分分析,利用 SSR 分子标记对 3 个省、自治区的 17 个自然居群沙米进行遗传多样性分析,获得如下结果:不同原生地沙米的物候期、器官形态和种子营养成分含量有差异,其中甘肃民勤地区的沙米株高达 20~135 cm,种子千粒重达 1.59 g,淀粉含量达 307.46 mg·g⁻¹、蛋白质含量达 103.36 mg·g⁻¹、粗脂肪含量达 54.90 mg·g⁻¹,均优于甘肃武威、宁夏银川市和内蒙古阿拉善地区的沙米;3 个省、自治区的 17 份自然居群的沙米种质资源遗传多样性分析,检测到 76 个条带,其中有 39 条多态性条带,多态性比率为 51.3%;利用 NTSYSpc (Version 2.10e) 软件计算出 17 份沙米种质资源遗传相似性系数介于 0.28~0.71 之间。以 0.58 作为相似性系数分界点,将 17 份沙米资源聚为 3 类,其中宁夏滨河新区的资源聚为一类,内蒙古阿拉善地区 9 号资源和其他地区的 15 份资源均来自腾格里沙漠腹地,各聚为一类。研究表明供试沙米资源的物候期、形态特征、种子营养成分及遗传多样性均与原生地的生态地理环境具有一定相关性。

关键词:沙米;生长特性;遗传多样性;SSR 分析
中图分类号:Q949.745.1;Q945.3 **文献标志码:**A

Investigation of growth characteristics and analysis of genetic diversity of *Agriophyllum squarrosum*

NIE Fengjie, GAN Xiaoyan, ZHANG Li, GONG Lei, LIU Xuan, YANG Wenjing, SONG Yuxia
(Agricultural Biotechnology Centre, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan, Ningxia 750002, China)

Abstract: *Agriophyllum squarrosum* is a pioneer plant of mobile dune with strong ecological growth adaptability, rich nutrition in seeds and plants. It has many application values. In order to clarify the growth characteristics and genetic diversity of *Agriophyllum squarrosum* from different habitats, samples from Ningxia, Gansu, and Inner Mongolia were set up to carry out phenological investigation, morphological observation, and analysis of seed nutrition components. The genetic diversity of *Agriophyllum squarrosum* from 17 natural populations in 3 provinces/autonomous regions was analyzed using SSR molecular markers. The results showed that there were differences in phenological organ morphology and seed nutrient content of *Agriophyllum squarrosum* from different habitats. The *Agriophyllum squarrosum* strains in Minqin, Gansu were as high as 20~135 cm, the seed weight was 1.59 g, the starch content was 307.46 mg·g⁻¹, the protein content was 103.36 mg·g⁻¹, and the crude fat content was 54.90 mg·g⁻¹, all of which were better than those of the *Agriophyllum squarrosum* strains in Yinchuan of Ningxia, Alashan of Inner Mongolia, and Wuwei of Gansu. The genetic diversity analysis of *Agriophyllum squarrosum* germplasm resources from 17 natural populations in 3 provinces/autonomous regions detected 76 bands, 39 of which were polymorphic, with a polymorphism rate of 51.3%. Using NTSYSpc (Version 2.10E) software, the genetic similarity coefficient of 17 *Agriophyllum squarrosum* germplasm resources in 3 provinces autonomous regions was calculated between 0.28 and 0.71, and 0.58 was taken as the cut-off point of similarity coefficient to cluster the 17 shami resources into 3 categories. The resources in Binhe New Area of Ningxia, No. 9 resources in Alashan area of Inner

Mongolia and 15 resources in other areas all came from the hinterland of the Tengger Desert, each of which was grouped into 1 category. The results showed that the phylogenetic characteristics of the tested *Agriophyllum squarrosum* were correlated with the ecological and geographical environment of the original habitat.

Keywords: *Agriophyllum squarrosum*; growth characteristics; genetic diversity; SSR analysis

沙米(*Agriophyllum squarrosum*)别名沙蓬,藜科(Chenopodiaceae)沙蓬属(*Agriophyllum*),一年生草本流动沙丘先锋植物和优势物种,主要生长于流动沙丘、半固定沙地户外丘间低地,广泛分布于我国西北、华北各省的沙漠地带^[1-3]。沙米种子富含蛋白质、脂肪、碳水化合物、粗纤维和灰分,是适宜人类食用的营养食品^[4];同时沙米种子含有所有人体必需氨基酸,其蛋白质氨基酸模式与人体蛋白质氨基酸模式接近,是优良的功能食品,具有助消化、健脾胃、清热解毒、抗菌消炎等功效,是天然减肥食品和心脑血管、肾脏功能减退、糖尿病病人的理想食品^[5-7];沙米籽油主要成分为亚油酸、油酸和次亚油酸 3 种不饱和脂肪酸,有助于降低人体血清胆固醇和抑制动脉血栓^[7-8];沙米中还富含硒、锌、铁等元素^[5,9],生理活性物质皂甙、异黄酮、SOD 及绿原酸生物碱含量较多^[6]。沙米的食用历史悠久,据《沙洲都督府图经》记载,早在 1300 多年前敦煌人民便大量采集沙米做军粮^[10],至今,沙米做的炒面、凉粉、点心、羊肉面等仍是甘肃河西走廊和内蒙古等地备受欢迎的特色美食。沙米在长期进化过程中形成耐干旱、耐高温、耐贫瘠、耐风蚀、耐沙埋等特性,具有重要的生态价值、营养价值。开展沙米种植资源调查和遗传多样性研究,对优良种质资源筛选有重要意义。SSR(Simple sequence repeats)标记具有分布均匀、覆盖整个基因组、多态性高、共显性分离、位点转化型等优点,在燕麦(*Avena sativa*)^[11]、苜蓿(*Medicago*)^[12]、白羊草(*Bothriochloa ischaemun*)^[13]、马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)^[14]等牧草和作物种质资源的遗传多样性研究中广泛应用。

宁夏回族自治区和甘肃、内蒙古两省沙米野生种质资源丰富,本研究针对不同原生地开展了沙米的物候期调查,分析了不同地区沙米的形态、种子营养成分,利用 SSR 分子标记对宁夏回族自治区和内蒙古、甘肃两省的 17 个自然居群沙米进行遗传多样性分析,以期明确不同地区沙米的生长特性、种子品质和遗传多样性,为后期沙米优良种质资源筛选、育种和开发利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 调查采样地概况及种质资源材料

2018—2019 年度在宁夏银川滨河新区(NY)、甘肃民勤县(GM)、甘肃武威市(GW)、内蒙古阿拉善左旗(NA)对沙米种质资源立地类型、物候期、器官形态学进行定点观测,对沙米种子中淀粉、脂肪、蛋白质、氨基酸等营养成分进行测定分析。

宁夏银川市滨河新区位于毛乌素沙漠西缘腹地,典型大陆性气候特征,光热充足,日温差较大,干旱少雨,蒸发强烈,风大沙多。多年平均降雨量 180~220 mm,多集中在 7—9 月,占全年降水量的 61.6%。年均蒸发量 2 088.2 mm,为年降水量的 10.5 倍,年均相对湿度为 56%。

甘肃民勤县西沙窝位于巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠之间,典型大陆性荒漠气候,降水稀少,蒸发强烈,风大沙多,平均气温 7.6℃,年均降水量 115.41 mm,主要集中在 7—9 月,占年均总降水量的 60%以上,年均蒸发量为 2 664.0 mm,沙质荒漠草地流动、半固定沙丘。

甘肃省武威市东沙窝位于腾格里沙漠的南部,典型的温带半荒漠大陆性气候。年均气温 9.9℃,年均降雨量 139.9 mm,年平均蒸发量 2 486 mm,属极干旱地区。

阿拉善左旗通古淖位于腾格里沙漠的东部,属温带荒漠干旱区,为典型的大陆性气候,干旱少雨,夏热冬寒,日照充足,蒸发强烈。年平均气温 7.4℃,年降雨量 40~50 mm,集中在 6—9 月,年蒸发量 3 000~4 500 mm。

选择 4 个地区 17 个自然居群(表 1),随机收集 8 株以上的沙米叶片,提取 DNA 用于 SSR 多样性检测。

1.2 研究方法

1.2.1 沙米物候期调查及形态观察 在每个调查试验地依据沙丘走向设置样线,平行设置 3 个 1 m×1 m 的样方,每个样方间隔 10 m,共设置 9 个样方。根据沙米生长的实际情况,以沙米萌发、分枝期、开花、结果为不同物候期的界定指标,以 20%~80%的沙米植株出现物候观测指标的时间区间确定为物候期。开花期采集沙米叶片、茎、花,利用体视镜 20 倍下观察沙米叶脉、花被片、雄蕊、花丝、花药等形态。

表 1 17 份沙米种质资源采样地点
Table 1 Sampling sites of 17 germplasm resources
of *Agriophyllum squarrosum*

编号 Code	采样地点 Sampling site	编号 Code	采样地点 Sampling site
1	宁夏中卫市 Zhongwei, Ningxia (NZ1)	10	内蒙古阿拉善左旗 Alashanzuoqi, Inner Mongolia (NA3)
2	甘肃民勤县 Minqin, Gansu (GM)	11	宁夏中卫市 Zhongwei, Ningxia (NZ2)
3	甘肃武威市 Wuwei, Gansu (GW)	12	甘肃民勤县 Minqin, Gansu (GM1)
4	内蒙古阿拉善左旗 Alashanzuoqi, Inner Mongolia (NA)	13	甘肃民勤县 Minqin, Gansu (GM2)
5	宁夏中宁县 Zhongning, Ningxia (NN)	14	甘肃民勤县 Minqin, Gansu (GM3)
6	宁夏银川滨河新区 Yinchuan Binhexinqu, Ningxia (NY)	15	甘肃民勤县 Minqin, Gansu (GM4)
7	宁夏银川市黄沙古渡 Yinchuan Huangshagudu, Ningxia (NH)	16	甘肃武威市 Wuwei, Gansu (GW1)
8	内蒙古阿拉善左旗 Alashanzuoqi, Inner Mongolia (NA1)	17	甘肃武威市 Wuwei, Gansu (GW2)
9	内蒙古阿拉善左旗 Alashanzuoqi, Inner Mongolia (NA2)		

1.2.2 沙米种子营养成分分析 种子成熟后收集各样方中沙米种子,混合后各取 3 次重复检测营养成分。蛋白含量参照 GB/T 5009.5-2016《食品中蛋白质的测定》^[15] 标准中凯氏定氮法测定,脂肪含量参照 GB/T 5009.6-2016《食品中脂肪的测定》^[16] 标准中索氏抽提法测定,直链淀粉测定采用 GB/T 15683-2008 比色法;支链淀粉测定参照金玉红等^[17] 的双波长比色法;氨基酸含量参照 GB/T 5009.124-2016《食品中氨基酸的测定》^[18] 标准测定。种子营养成分检测为 3 次重复平均值。

1.2.3 基因组 DNA 提取 采用 TIANGEN 公司的离心柱式植物 DNA 提取试剂盒 DP320-02 提取。获得的 DNA 经 1% 琼脂糖凝胶电泳和 NanoDrop 2000 超微量分光光度计(Theromg 公司,美国),检测合格后,调节质量浓度至 50 ng · μL⁻¹ 备用。

1.2.4 SSR 分析 选取 23 对多态性较高的 SSR 引物^[19-20] 对 17 份沙米资源进行扩增,筛选出 13 对 (SF26、SF30、SF63、SF21、SF80、SM0027、SM0105、SM0097、SM0118、SM0137、SM0138、SM0148、

SM0032) 多态性高、重复性和稳定性好的引物用于本次试验。采用 SSR-PCR 反应体系为每 20 μL 反应体积中含有 1×Mix,0.4 mM SSR 引物,100 ng DNA 模板。反应程序为模板预变性 94℃ 反应 5 min 后,94℃ 模板 DNA 变性 30 s,复性为 50℃ ~ 60℃ 反应 30 s,72℃ 延伸 1 min,35 个循环;最后延伸为 72℃ 反应 10 min,4℃ 保存。扩增产物通过 1% 琼脂糖凝胶电泳进行检测。

1.2.5 数据分析 采用 SPSS (20.0) One - Way ANOVE 程序对检测结果进行方差分析和 Duncan 氏差异显著性检验。记录每个 SSR 位点上重复性好且清晰的条带,以 0 和 1 进行标记。在相同迁移率位置上,有清晰条带的记为 1,没有条带的记为 0。参照 DNA 分子标记数据的分析方法,将 SSR 标记作为等位基因进行多态性研究,每一条扩增条带记为一个性状,处理数据。两品种间的遗传相似度 (Genetic similarity) 依据 Nei^[21] 的计算方法进行。按 $PIC = 1 - \sum f_i^2$ 计算 SSR 位点的多态信息含量,其中 f_i 为 i 位点的基因频率。所有种质资源采用 NTSYSpc (Version 2.10e) 软件计算相似系数,获得相似系数矩阵,利用其中的 SHAN 程序和 UPGMA 方法进行聚类分析并构建聚类图。

2 结果与分析

2.1 不同原产地沙米物候期调查

不同地区沙米的萌发、分枝、开花、结果、成熟的生长周期见表 2。调查结果显示,4 个地区的沙米生长周期为 4 月下旬到 10 月中旬,共 150 d 以上,宁夏银川市滨河新区沙米萌发时间较甘肃武威、甘肃民勤和内蒙古阿拉善晚 10 d 左右。

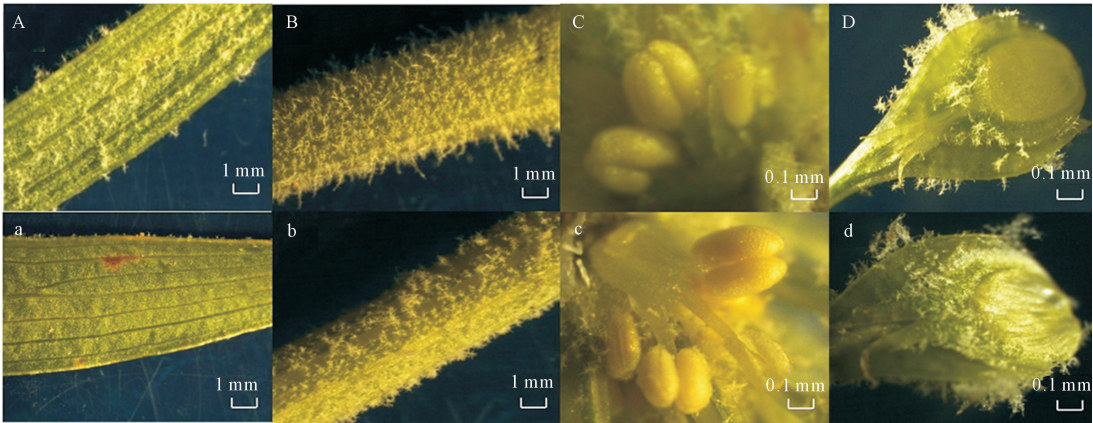
2.2 不同原产地沙米形态比较

对不同地区沙米的叶片、茎、花等器官进行观察,结果发现,不同地区的沙米株高、种子千粒重、器官形态略有差别(见表 3)。甘肃武威和甘肃民勤沙米株高和种子千粒重略高,株高可达 128 ~ 130 cm,种子千粒重可达 1.56 ~ 1.59 g;甘肃武威、甘肃民勤、内蒙古阿拉善的沙米叶长 2 ~ 7 cm,宽 0.1 ~ 0.7 cm,叶脉 3 ~ 7 条,花被片 1 ~ 3,雄蕊 2 ~ 3,花丝锥形,花药卵圆形;宁夏银川的沙米叶长 1.5 ~ 5 cm,宽 0.2 ~ 0.9 cm,叶脉 5 ~ 9 条。花被片 1 ~ 3;雄蕊 2 ~ 3,花丝锥形,花药长圆形。

表 2 不同原生地沙米物候期调查

Table 2 Phenological survey of *Agriophyllum squarrosum* in different native places

地区 Region	萌发期(m-d) Germination stage	幼苗期(m-d) Seedling stage	分枝期(m-d) Branching stage	开花期(m-d) Flowering stage	结果期 Fruiting stage(m-d)	
					乳熟期 Milk stage	蜡熟期 Dough stage
NY	05-02—05-30	06-01—06-21	06-22—08-09	08-10—09-06	09-12—10-10	10-15—10-26
GM	04-25—05-10	05-11—06-12	06-13—07-28	08-05—08-28	09-06—09-25	10-08—10-13
GW	04-25—05-11	05-12—06-10	06-11—07-29	08-03—08-25	09-07—09-23	10-06—10-16
NA	04-28—05-13	05-14—06-11	06-12—07-30	08-06—08-26	09-04—09-25	10-08—10-16



注：A~D：内蒙古阿拉善沙米；A：叶片；B：茎；C：花药；D：子房。a~d：宁夏银川沙米；a：叶片；b：茎；c：花；d：子房。

Note: A~D: *Agriophyllum squarrosum* from NA; A: leaf; B: stem; C: anther; D: ovary. a~d: *Agriophyllum squarrosum* from NY; a: leaf; b: stem; c: anther; d: ovary.

图 1 不同原生地沙米器官形态

Fig.1 Organ morphology of *Agriophyllum squarrosum* in different native places

表 3 不同原生地沙米种质生物学特性和器官形态特征

Table 4 Biological characteristics and morphological characteristics of *Agriophyllum squarrosum* germplasm in different native places

地区 Region	株高/cm Plant height	千粒重/g Thousand seed weight	叶 leaf			花 Flower			
			叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	叶脉/条 Leaf vein	花被片/个 Tepals	雄蕊/个 Stamens	花丝 Filament	花药 Anther
NY	15~106	1.38	1.5~5.0	0.2~0.9	5~9	1~3	2~3	锥形 Cone	长圆形 Long circle
GM	20~135	1.59	2.5~8.5	0.5~1.0	3~7	1~3	2~3	锥形 Cone	卵圆形 Oval
GW	18~130	1.56	2.5~8.0	0.4~0.9	3~7	1~3	2~3	锥形 Cone	卵圆形 Oval
NA	15~110	1.49	2.0~7.0	0.1~0.7	3~7	1~3	2~3	锥形 Cone	卵圆形 Oval

2.3 不同原生地沙米种子营养成分分析

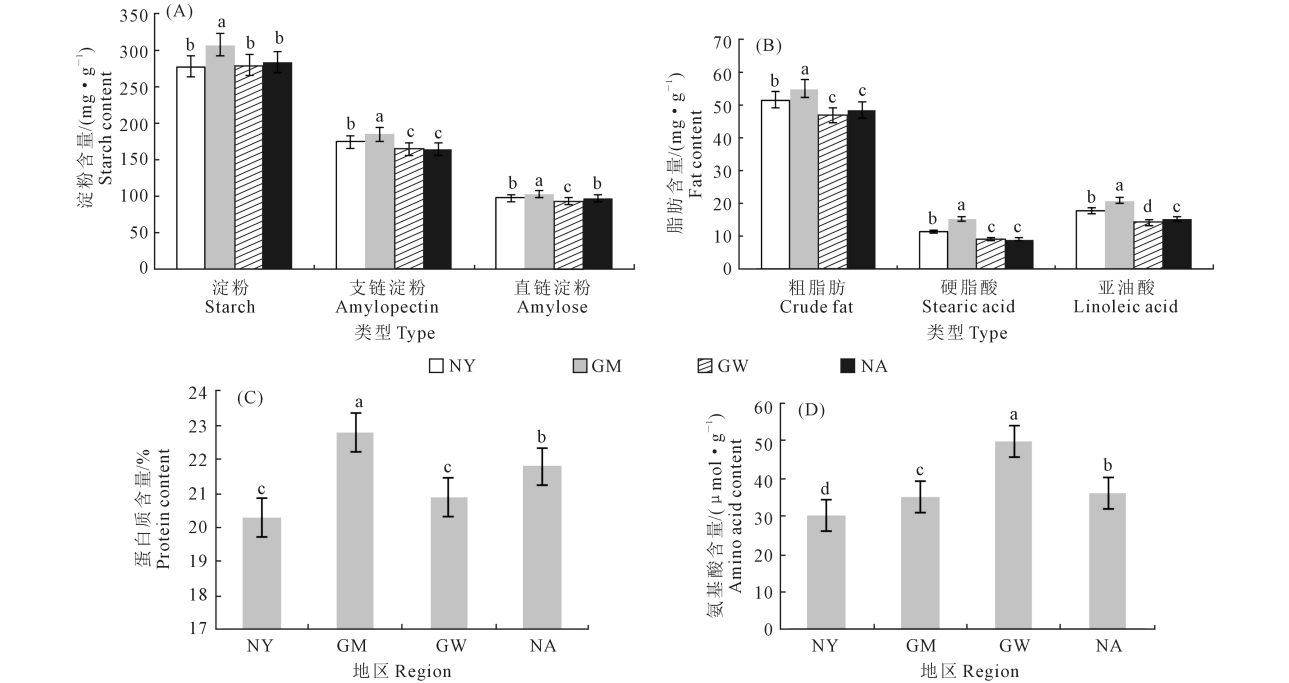
对 4 个地区沙米种子的淀粉含量、蛋白质含量、硬脂酸、亚油酸、粗脂肪、氨基酸含量等营养品质指标进行了检测分析见图 2,结果表明,4 个地区沙米种子淀粉含量达 278.00~307.46 mg · g⁻¹,支链淀粉含量达 164.50~185.45 mg · g⁻¹,直链淀粉含量达 94.03~103.61 mg · g⁻¹,其中来自甘肃民勤沙米种子的淀粉、支链淀粉、直链淀粉含量显著高于其他 3 个地区;4 个地区沙米种子蛋白质和氨基酸含量分别达到 107.8~103.36 mg · g⁻¹和 30.32~49.85 μmol ·

g⁻¹,甘肃民勤、甘肃武威、内蒙古阿拉善沙米种子的蛋白质含量显著高于宁夏银川地区,甘肃武威的沙米种子氨基酸含量达到 49.85 μmol · g⁻¹,显著高于其他 3 个地区;4 个地区沙米种子中粗脂肪含量为 46.80~54.90 mg · g⁻¹,硬脂酸含量为 9.23~15.47 mg · g⁻¹,亚油酸含量为 14.23~20.97 mg · g⁻¹,其中甘肃民勤的沙米种子粗脂肪、硬脂酸、亚油酸含量分别达到 54.90、15.47 mg · g⁻¹和 20.97 mg · g⁻¹,显著高于其他 3 个地区。

2.4 不同原生地沙米种质 SSR 多态性分析

按照最适反应体系及程序,利用 23 对 SSR 分子标记对 3 个省、自治区的 17 份沙米种质资源 DNA 进行了 SSR 遗传多样性分析,筛选出 13 对特异性较好的 SSR 引物(见图 3),分别为 SM0027、SM0105、SM0097、SM0118、SM0137、SM0138、

SM0148、SM0032、SM0042、SF80、SF26、SF21、SF30、SF63,共检测到 76 个条带,其中有 39 条多态性条带,多态性条带比率为 51.3%。其中引物 SF63 的扩增条带为 6 条,引物 SM0118 扩增条带为 4 条。17 份沙米材料的遗传变异较稳定,有一定的多态性,SSR 标记能够解释沙米基因组部分信息量。



注:不同小写字母表示同一种营养物质的含量在 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。
Note: Different lowercase letters represent significant difference of the amount of the same nutrient (ANOVA, $\alpha=0.05$).

图 2 不同原生地沙米种质资源营养成分比较

Fig.2 Comparison of nutrient content of *Agriophyllum squarrosum* germplasm resources in different native places

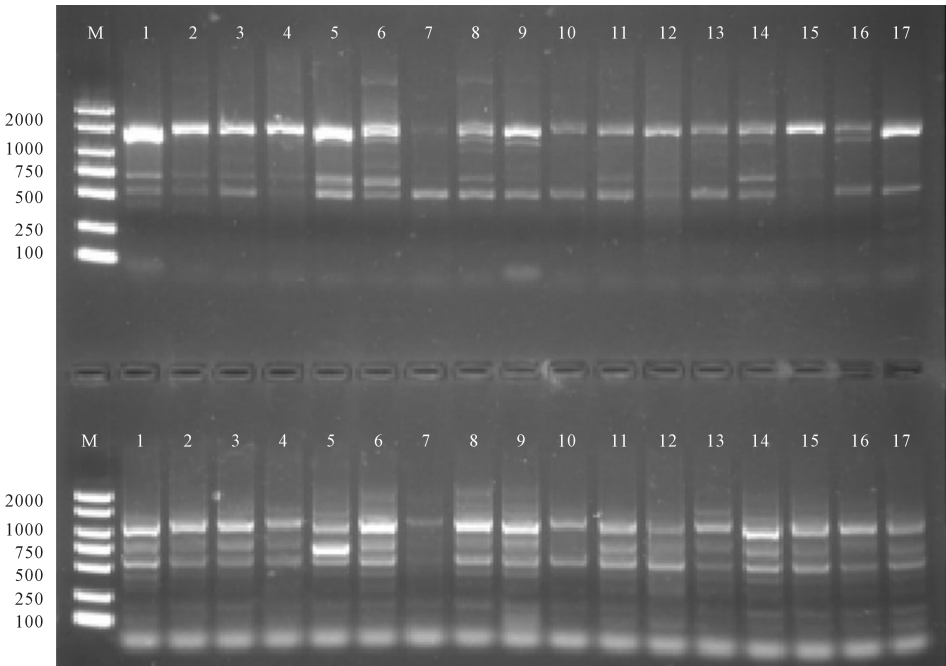


图 3 引物 SM0118 和 SF63 对 17 份沙米样品扩增的电泳图谱

Fig.3 The amplification result of 17 *Agriophyllum squarrosum* sample by primer SM0118 and SF63

2.5 不同原生地沙米种质遗传变异及聚类分析

利用 NTSYSpc (Version 2.10e) 软件对 14 条引物扩增出的 76 个条带进行了分析,平均法聚类结果显示,每个 SSR 位点的 PIC 值为 0.37~0.60,平均值为 0.45。3 个省、自治区沙米种质资源遗传相似性系数介于 0.28~0.71 之间。根据遗传相似性系数构建 17 个沙米种植资源遗传关系聚类图(见图 4),结果表明,17 份种质资源居群水平的有一定的遗传多样性,与部分资源表观差异相一致。以 0.58 作为相似性系数分界点,17 份沙米资源分为 3 类,采自宁夏滨河新区的 6 号资源、内蒙古阿拉善地区 9 号资源各分成为一类,甘肃民勤、甘肃武威、宁夏中卫等地区 15 份资源同为一类,其材料遗传相似度高,在地理位置上均属于腾格里沙漠腹地。

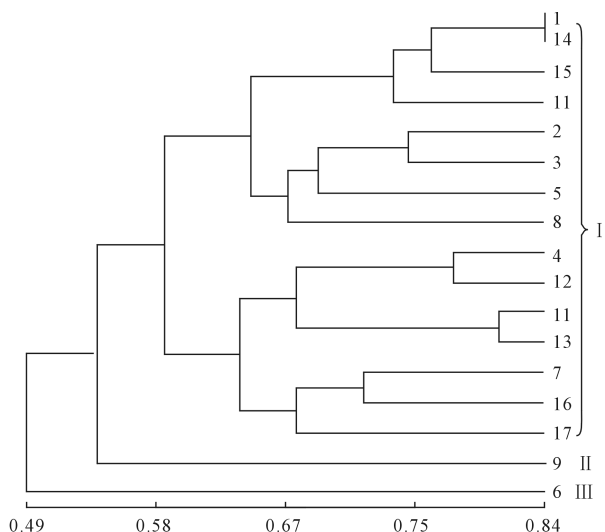


图 4 17 份沙米种质资源的 UPGMA 聚类图

Fig.4 UPGMA dendrogram of 17 germplasm resources of *Agriophyllum squarrosum*

3 讨论

沙米生长在沙漠干旱环境中,可发挥防风固沙的生态作用。沙米种子萌发呈连续状,生长季节初降雨后部分沙米种子首先萌发,随着生长推进,大部分幼苗因缺水、高温、沙埋风蚀等不良环境因素影响而死去。雨季来临后,沙米种子大量可萌发生长为成熟个体。沙米种子具有光抑制和休眠机制^[22],为适应沙漠的恶劣环境,种子萌发受光照、温度、水分等诸多因素影响,不同年份、不同地区间植株生长的物候期受环境影响有较大差异,这种特性可以有效保护沙米种子,有利于种群的繁衍更新。

沙米种子营养丰富,具有人体所需的淀粉、蛋白质、脂肪等营养物质,我们所调查的 4 个原生地沙米种子的淀粉含量达到 278.00~307.46 mg · g⁻¹,蛋

白质含量达到 107.8~103.36 mg · g⁻¹,粗脂肪含量为 46.80~54.90 mg · g⁻¹,其中被公认具有降低血脂、软化血管、降低血压、促进微循环作用的亚油酸含量达 14.23~20.97 mg · g⁻¹。沙米含有所有人类必需氨基酸,并且含量都高于藜麦、小麦和稻米^[23]。由此可见,沙米不仅是营养价值极高的绿色有机食品,在医疗保健领域也具有巨大的开发潜力。沙米植株地上生物量较大,株高可达 130 mm,开花前叶片柔软,叶量较丰富,鲜草含水量 77%,粗蛋白 4.4%、粗脂肪 0.4%、粗纤维 3.7%、无氮浸出物 8.7%、粗灰分 5.1%^[24],是荒漠及荒漠草原地区的重要饲用植物,具有饲草开发价值。

沙米生态适应性强,营养成分丰富,具有多方面的应用价值,极具人工驯化种植和产品开发的潜力。本研究调查分析 4 个不同原生境沙米的生长特性和种子品质,发现不同产地沙米的生长特性和种子营养成分含量有差异,甘肃民勤地区的沙米株高、种子千粒重、淀粉含量、蛋白质含量、粗脂肪含量均优于其余 3 个地区。利用 SSR 分子标记对来自 3 个省、自治区 17 份自然居群的沙米种质资源进行遗传多样性分析,检测到 76 个条带,其中有 39 条多态性条带,多态性条带比率为 51.3%。同时,聚类分析结果表明,来自宁夏银川市滨河新区(NY)的资源与其他 16 份沙米资源遗传距离最远,与生物学特性调查及形态结构观察结果相一致,说明 SSR 分子标记可以区分 17 份种质资源的遗传多样性。研究结果可为扩展沙米种植资源的研究、利用,优良种植挖掘、培育新品种提供研究基础。

参考文献:

- [1] 魏林源,马彦军,马全林,等.流动沙丘先锋植物沙米种子萌发影响因素[J].中国农学通报,2015,37,(7):18-22.
- [2] 齐凯,安晓亮,叶世河.沙米生长特性调查[J].内蒙古林业科技,2010,36(1):17-21.
- [3] 陈文,马瑞军,王桔红.盐和 PEG 模拟干旱胁迫对沙米种子萌发及幼苗生长的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(4):113-119.
- [4] Chen G X, Zhao J C, Zhao X, et al. A psammophyte *Agriophyllum squarrosum* (L.) Moq.: a potential food crop[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2014, 61(3): 669-676.
- [5] 王雅,赵萍,陈晓前,等.沙米乙醇提取物提取工艺及其体外抗氧化性能研究[J].中药材,2009,32(5):794-796.
- [6] 任文明,刘雪峰,倪春梅.毛乌素沙漠天然沙米营养成分的分析[J].内蒙古农业大学学报:自然科学版,2005,26(2):88-90.
- [7] 库尔班江·巴拉提.超临界萃取新疆沙蓬籽油和其成分研究[J].安徽农业科学,2011,39(18):10839-10841.
- [8] 库尔班江·巴拉提.新疆沙蓬籽中脂肪和蛋白质组分的研究[J].安徽农业科学,2011,39(25):15260-15262.

(下转第 38 页)