

湖南芝麻种质资源农艺性状的遗传多样性

杨学乐, 何录秋, 张璐, 李志清

(湖南省作物研究所, 湖南 长沙 410125)

摘要:采用主成分分析和聚类分析的方法,对收集的湖南省63份芝麻种质资源的12个质量性状和9个数量性状进行遗传多样性分析。结果表明:湖南省芝麻资源具有广泛的遗传多样性,12个质量性状中,茎秆绒毛的遗传多样性指数最高,为1.310,叶序的最低,为0;9个数量性状中,空梢尖长的变异系数最大,为39.962%,千粒质量的最小,为12.397%;9个数量性状的主成分分析结果表明,前4个主成分的累计贡献率达74.076%。63份种质可分为4大类:第I类(24份)可作为选育四棱以上芝麻品种的候选群体;第II类(34份)可作为选育丰产型品种的候选群体;第III类(2份)可作为选育矮秆型品种及蒴果长度较长品种的候选群体;第IV类(3份)可作为选育分枝型品种的候选群体。

关键词:芝麻;种质资源;农艺性状;遗传多样性;湖南

中图分类号: S565.301 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2019)06-0577-06

Genetic diversity of main characters of sesame germplasm resources in Hunan

YANG Xuele, HE Luqiu, ZHANG Lu, LI Zhiqing

(Crops Research Institute of Hunan Province, Changsha, Hunan 410125, China)

Abstract: Twelve qualitative traits and 9 quantitative traits of 63 sesame genotypes had been analyzed for genetic diversity by using cluster analysis and principal component analysis. The results showed that abundant genetic diversity existed among the sesame in Hunan. The genetic diversity index of stem fluff(1.310)was the highest among the 12 quality traits, the lowest is phyllotaxis(0). The genetic variation of infertile(39.962%) was the highest among the 9 quantitative traits, the lowest was 1 000-seed weight. The principal components analysis based on 9 quantitative traits, indicated the accumulative contribution of 74.076% was from the top 4 principal components. Sixty-three sesame germplasm accessions were classified into 4 groups. The genotypes from the first group(24) could be used for a candidate group for breeding sesame varieties with more than four arrises; the genotypes from the second group(34) could be used for a candidate group for breeding varieties with high yield; the genotypes from the third group(2) could be used for a candidate group for breeding varieties with dwarf or varieties with longer capsule lengths; the genotypes from the fourth group(3) could be used for a candidate group for breeding varieties with branch.

Keywords: sesame; germplasm resources; agronomic traits; genetic diversity; Hunan

湖南地处亚热带季风湿润气候区,夏季炎热潮湿重;地形东西南三面环山,中北部低落,境内多为丘陵山地。复杂的地形,多样的气候,使得湖南芝麻资源丰富多样。湖南芝麻种植主要集中在湘

中、湘北地区,以地方品种为主,全省芝麻种植面积约0.9万 hm^2 ,产量约为1.3万 $\text{t}^{[1]}$ 。

丰富的种质资源是芝麻品种遗传改良的基础,世界各芝麻主产国对芝麻种质资源的搜集、整理、

鉴定、保存及研究利用都非常重视,据 ASHRI 报道,芝麻遗传资源种质库已保存 2 万多份种质资源^[2]。中国从 20 世纪 60 年代开始调查和收集芝麻种质资源,截至 2017 年,国家芝麻种质资源库共保存芝麻基础收集品 8 115 份,其中编目入库的有 4 251 份^[3]。芝麻育种工作者从 20 世纪 90 年代开始对芝麻种质资源进行评价工作^[4-5]。湖南省“八五”期间参加了由中国农业科学院油料作物研究所主持的“芝麻种质资源繁种鉴定和优异种质资源利用评价”项目,对省内资源进行考察征集和鉴定研究^[6]。

孙健等^[7]对芝麻种质资源叶绿素含量进行了多样性研究;张艳欣等^[8]和车卓等^[9]分别对中国保存的白芝麻和黑芝麻核心种质进行了遗传多样性分析;韩俊梅等^[10]对山西的 200 份芝麻种质资源的农艺性状进行了遗传多样性分析。笔者拟利用第 3 次种质资源普查收集到的湖南省芝麻资源,用主成分分析和聚类分析相结合的方法,分析湖南省芝麻种质资源主要农艺性状的遗传多样性,以期全面了解湖南省内芝麻资源的状况,继而整理分类,为芝麻种质资源的创新和品种的选育提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材 料

63 份芝麻种质资源系“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动——湖南省农作物种质资源普查与收集”项目收集,编号 Z1 至 Z63。

1.2 试 验 设 计

试验于 2017 年 5 月在湖南省作物研究所进行。采用随机区组设计,3 次重复。每种材料种植 5 行,行距 40 cm,株距 15 cm。5 月 14 日播种,于播前 15 d 翻地,翻耕深度 20 cm,翻耕后起垄,厢面宽 2 m,沟宽 0.2 m;播后打除草剂,灌水以水没过厢面为准,扯网以防鸟扯苗。

1.3 性 状 调 查

芝麻的田间性状调查参照《芝麻种质资源描述规范和数据标准》^[11]进行:观察株型、茎秆绒毛稀密、叶色、叶形、叶序、叶柄颜色、每叶腋花数、花冠颜色、花旁蜜腺、蒴果棱数;成熟期取样,室内考种,测量株高、始蒴高度、果轴长度、空梢尖长、一次分枝数、单株蒴果数、每蒴粒数、干粒质

量、粒形、粒色。

1.4 数 据 分 析

统计分析的数据分为 2 类:第 1 类为质量性状,包括株型、茎秆绒毛稀密、叶色、叶形、叶序、叶柄颜色、每叶腋花数、花冠颜色、花旁蜜腺、蒴果棱数、粒形、粒色等 12 个性状;第 2 类为数量性状,包括株高、一次分枝数、始蒴高度、果轴长度、空梢尖长、蒴果长度、单株蒴果数、每蒴粒数和干粒质量等 9 个性状。

对质量性状的描述,差异用阿拉伯数字赋值:株型单秆为 1、分枝为 2;茎秆绒毛多为 1、少为 2、无为 3、中为 4;叶色绿色为 1、浅绿为 2、深绿为 3;叶形卵圆形为 1、披针形为 2、椭圆形为 3、柳叶形为 4、心形为 5;叶序对生为 1、互生为 2、轮生为 3、混生为 4;叶柄绿色为 1、绿紫为 2、紫为 3、粉红为 4;每叶腋花单花为 1、三花为 2;花冠白色为 1、粉红为 2、浅紫为 3、紫为 4、栗色为 5;花旁蜜腺大为 1、无为 2、中等为 3、小为 4;蒴果四棱为 1、六棱为 2、八棱为 3、混合棱为 4;粒形卵形为 1、尖椭圆形为 2、长圆形为 3;粒色白色为 1、乳白色为 2、黄色为 3、浅褐色为 4、黑色为 5。

对芝麻种质资源 9 个数量性状的分析采用测量数据,对 12 个质量性状的分析采用赋值后的数据统计分析。利用 Excel 表格进行统计分析和遗传多样性分析,运用 SPSS 统计软件进行主成分分析和聚类分析。

2 结 果 与 分 析

2.1 湖 南 芝 麻 资 源 农 艺 性 状 的 遗 传 多 样 性

湖南 63 份芝麻资源的 12 个质量性状列于表 1。芝麻株型以单秆为主,占参试材料的 74.6%。茎秆绒毛以绒毛量多为主,占 41.3%,中等量绒毛和无绒毛分别占 23.8%和 20.6%。叶色以绿色为主,占 84.1%。叶形以卵形为主,占 73.1%,椭圆形占 20.6%。叶序全部为对生。叶柄颜色以绿色为主,占 79.4%。每叶腋花数以三花为主,占 71.4%。花冠颜色以白色和浅紫色为主,两者比例相等,为 41.3%。花旁蜜腺以小蜜腺为主,占 42.9%,中等蜜腺占 27.0%。蒴果棱数以四棱最多,占 52.4%,混合棱数占 36.5%。粒形以尖椭圆形最多,占 55.6%。粒色以白色最多,占 57.1%,黑色占 30.2%。遗传

多样性指数最高的性状是茎秆绒毛，为 1.310，叶序的最低，为 0。

表 1 湖南芝麻种质资源质量性状的遗传多样性指数和频率分布

Table 1 The genetic diversity index and the ratio of distribution of qualitative traits of sesame genetic resources in Hunan

质量性状	遗传多样性指数	频率分布/株				
		1	2	3	4	5
株型	0.567	47	16	—	—	—
茎干绒毛稀密	1.310	26	9	13	15	—
叶色	0.518	53	2	8	—	—
叶形	0.731	46	4	13	—	—
叶序	0.000	63	—	—	—	—
叶柄颜色	0.509	50	13	—	—	—
每叶腋花数	0.599	18	45	—	—	—
花冠颜色	1.035	26	11	26	—	—
花旁蜜腺	1.276	12	7	27	17	—
蒴果棱数	0.951	33	—	7	23	—
粒形	0.687	28	35	—	—	—
粒色	0.756	36	2	4	2	19

9 个数量性状遗传多样性指数和变异系数列于表 2，平均变异系数 24.890%，平均遗传多样性指数 1.364。空梢尖长变异系数最高；其次为一次分枝数的；千粒质量的最低，变异系数大小依次为空梢尖长、一次分枝数、单株蒴果数、每蒴粒数、果

轴长度、始蒴高度、蒴果长度、株高、千粒质量。始蒴高度遗传多样性指数最高，每蒴粒数的最低，遗传多样性指数由大到小依次为始蒴高度、株高、空梢尖长、千粒质量、一次分枝数、单株蒴果数、果轴长度、蒴果长度、每蒴粒数。

表 2 湖南芝麻种质资源数量性状的遗传多样性指数和变异系数

Table 2 The genetic diversity index and the coefficient variation of quantitative traits of sesame genetic resources in Hunan

项目	株高/cm	一次分枝数/个	始蒴高度/cm	果轴长度/cm	空梢尖长/cm	蒴果长度/cm	单株蒴果数/个	每蒴粒数/粒	千粒质量/g
最大值	184.100	4.333	116.500	104.600	8.500	4.300	150.500	137.600	2.980
最小值	89.900	1.000	46.700	31.100	1.300	1.900	38.400	51.600	1.780
平均	143.813	2.458	69.751	69.589	4.473	2.621	79.816	80.686	2.407
标准差	18.300	0.795	15.881	16.890	1.788	0.432	25.773	24.836	0.298
极差	94.200	3.330	69.800	73.500	7.200	2.400	112.100	86.000	1.200
变异系数/%	12.725	32.325	22.768	24.271	39.962	16.490	32.290	30.781	12.397
遗传多样性指数	1.4320	1.401	1.434	1.371	1.410	1.288	1.389	1.148	1.403

2.2 芝麻种质资源数量性状的相关性

芝麻 9 个数量性状的相关系数列于表 3。芝麻株高与果轴长度、始蒴高度、蒴果长度、空梢尖长和单株蒴果数呈极显著正相关，其中，果轴长度与株高的相关系数最大。一次分枝数与始蒴高度和单株蒴果数呈极显著正相关，与果轴长度呈极显著负相关。始蒴高度与果轴长度和千粒质量呈极显著负相关。果轴长度与蒴果长度和单株蒴果数呈极显著

正相关。空梢尖长与蒴果长度呈极显著正相关，与每蒴粒数呈极显著正相关。蒴果长度与单株蒴果数和千粒质量呈极显著正相关，与每蒴粒数呈极显著负相关。单株蒴果数与每蒴粒数呈极显著负相关。每蒴粒数与千粒质量呈显著负相关，说明在一定程度上，株高越高，果轴长度越长，单株蒴果数越多，每蒴粒数越多，产量也越高。

表 3 芝麻种质资源数量性状的相关系数

Table 3 The correlation coefficient of quantitative traits of the sesame genetic resources in Hunan

性状	相关系数								
	株高	一次分枝数	始蒴高度	果轴长度	空梢尖长	蒴果长度	单株蒴果数	每蒴粒数	千粒质量
株高	1								
一次分枝数	-0.016	1							
始蒴高度	0.451**	0.296**	1						
果轴长度	0.501**	-0.294**	-0.538**	1					
空梢尖长	0.266**	-0.050	0.096	0.032	1				
蒴果长度	0.311**	-0.166*	-0.166*	0.426**	0.268**	1			
单株蒴果数	0.194**	0.385**	-0.070	0.235**	0.156*	0.298**	1		
每蒴粒数	-0.018	-0.074	0.092	-0.074	-0.246**	-0.312**	-0.333**	1	
千粒质量	-0.063	-0.060	-0.245**	0.156*	0.140	0.224**	0.005	-0.155*	1

“*”和“**”分别表示在 0.05 和 0.01 水平的差异显著性。

2.3 芝麻种质资源数量性状的主成分分析

对 9 个数量性状进行主成分分析, 结果(表 4)表明, 前 4 个主成分的累积贡献率达 74.076%。

第一主成分的特征值为 2.372, 贡献率为 26.359%, 其特征向量中载荷较高且符号为正的性状有蒴果长度、果轴长度、单株蒴果数、株高, 均与产量相关, 在一定程度上, 株高越高、蒴果长度越长、果轴长度越长、单株蒴果数越多, 则产量越高; 特征向量符号为负的性状有一次分枝数、始蒴高度和每蒴粒数, 因此在高产育种中要控制一次分枝数的个数、始蒴高度和每蒴粒数。

第二主成分的特征值为 1.788, 贡献率为 19.871%, 其特征向量中载荷较高且符号为正的性状有始蒴高度、一次分枝数、株高, 说明一次分枝数和始蒴高度随着株高的增高而增加, 但特征向量中果轴长度、每蒴粒数和千粒重的符号为负, 而这 3 个性状均为产量构成性状, 说明培育高产品种, 要选择株高、一次分枝数和始蒴高度适中的品种。

第三主成分的特征值为 1.395, 贡献率为 15.502%, 其特征向量中载荷较高且符号为正的有株高和每蒴粒数, 特征向量符号为负的有一次分枝数、单株蒴果数和千粒质量, 这一主成分中主要反映籽粒的特征, 在一定范围内, 千粒质量随着株高增高、每蒴粒数和单株蒴果数的增加而减少。

第四主成分的特征值为 1.111, 贡献率为 12.344%。这一主成分主要反映的是果轴长度和单株蒴果数的特征, 随着果轴长度和单株蒴果数的增加, 空梢尖长则相应减少, 而空梢尖长是与产量呈负相关的性状。该主成分中, 随着果轴长度和单株

蒴果数的增加, 与产量相关的千粒质量却相应减小, 因此, 在育种中, 还是要选择果轴长度和单株蒴果数适中的品种。

表 4 湖南芝麻种质资源数量性状的主成分的特征向量值

Table 4 The eigenvectors of the principal components of quantitative traits of sesame genetic resources in Hunan

性状	特征向量值			
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
株高/cm	0.474	0.519	0.649	0.110
一次分枝数/	-0.214	0.619	-0.487	0.305
始蒴高度/cm	-0.377	0.780	0.336	-0.222
果轴长度/cm	0.768	-0.292	0.302	0.401
空梢尖长/cm	0.420	0.344	0.037	-0.608
蒴果长度	0.773	0.048	0.033	-0.090
单株蒴果数	0.489	0.449	-0.429	0.430
每蒴粒数	-0.472	-0.215	0.510	0.230
千粒质量/g	0.366	-0.269	-0.292	-0.424
特征值	2.372	1.788	1.395	1.111
贡献率/%	26.359	19.871	15.502	12.344
累积贡献率/%	26.359	46.229	61.732	74.076

2.4 芝麻种质资源农艺性状的聚类

利用 SPSS 对芝麻种质资源的 12 个质量性状和 9 个数量性状进行聚类, 以欧氏距离为遗传距离, 聚类方法采用组间连接法, 在遗传距离 15 时, 可将种质资源分为 4 类, 如图 1 所示。

第 I 类包含 24 份资源, 株型以单秆为主; 茎秆绒毛以多为主; 叶色以绿色为主; 叶形以卵圆形为主; 叶序全部为对生; 叶柄颜色以绿色为主; 每叶腋花数以单花为主; 花冠颜色以白色为主; 花旁蜜腺以小蜜腺为主; 蒴果棱数混合棱数为主; 粒

形以尖椭圆形为主；粒色以白色为主；株高均值 140.95 cm，一次分枝数均值 2 个，始蒴高度均值 72.15 cm，果轴长度均值 65.3 cm，空梢尖长均值 3.496 cm，蒴果长度均值 2.378 cm，单株蒴果数均值 63.456 个，每蒴粒数均值 108.388 粒，千粒质量均值 2.352 g。在 4 个类群中，始蒴高度和单株粒数的均值最大。综合来看，第 I 类蒴果棱数较多，因而每蒴粒数性状突出，其他与产量相关性状表现一般，质量性状表现丰富，可以作为选育四棱以上芝麻品种的候选群体。

第 II 类包含 34 份资源，株型以单秆为主；茎秆绒毛以多为主；叶色以绿色为主；叶形以卵圆形为主；叶序全部为对生；叶柄颜色以绿色为主；每叶腋花数以三花为主；花冠颜色以浅紫色为主；花旁蜜腺以小蜜腺为主；蒴果棱数以四棱为主；粒形以卵圆形为主；粒色以白色为主。平均株高 150.382 cm，平均一次分枝数 2.75 个，平均始蒴高度 69.479 cm，平均果轴长度 75.794 cm，平均空梢尖长 5.109 cm，平均蒴果长度 2.772 cm，平均单株蒴果数 86.979 个，平均每蒴粒数 63.626 粒，平均千粒质量 2.456 g。其中，株高、果轴长度、空梢尖长、单株蒴果数、千粒质量在 4 个类群中最高。综合来看，第 II 类与产量相关的果轴长度、单株蒴果数和千粒质量等性状表现突出，具有高产潜力。

第 III 类包含 2 份资源，株型为单秆；茎秆绒毛多；叶色为绿色；叶形卵圆；叶序对生；叶柄颜色为绿色；每叶腋花数，1 个单花，1 个三花；花冠颜色浅紫色；无花旁蜜腺；蒴果棱数为四棱；粒形 1 个卵形，1 个尖椭圆形；粒色，1 个黑色，1 个白色。平均株高 91.25 cm，一次分枝数为 0，平均始蒴高度 49.9 cm，平均果轴长度 36.8 cm，平均空梢尖长 4.55 cm，平均蒴果长度 3.07 cm，平均单株蒴果数 55.1 个，平均每蒴粒数 67.8 粒，平均千粒质量 2.35 g。株高和始蒴高度在 4 个类群中最小，蒴果长度最大。综合来看，第 III 类具有株高较矮、蒴果长度较长且始蒴高度较低的特性，对于选育矮秆型品种及蒴果长度较长的品种有帮助。

第 IV 类包含 3 份资源，株型全为分枝型；茎秆绒毛 1 个无，1 个中，1 个多；叶色绿色；叶形卵形；叶序对生；叶柄颜色 2 个绿色，1 个绿紫色；每叶腋花数为三花；花冠颜色 2 个白色，1 个浅紫色；花旁

蜜腺 1 个小蜜腺，2 个中等蜜腺，蒴果棱数 2 个四棱，1 个混合棱数；粒形 2 个卵形，1 个尖椭圆形；粒色 1 个黑色，1 个白色，1 个浅褐色。平均株高 127.333 cm，平均一次分枝数为 2.667 个，平均始蒴高度 66.87 cm，平均果轴长度 55.43 cm，平均空梢尖长 5.03 cm，

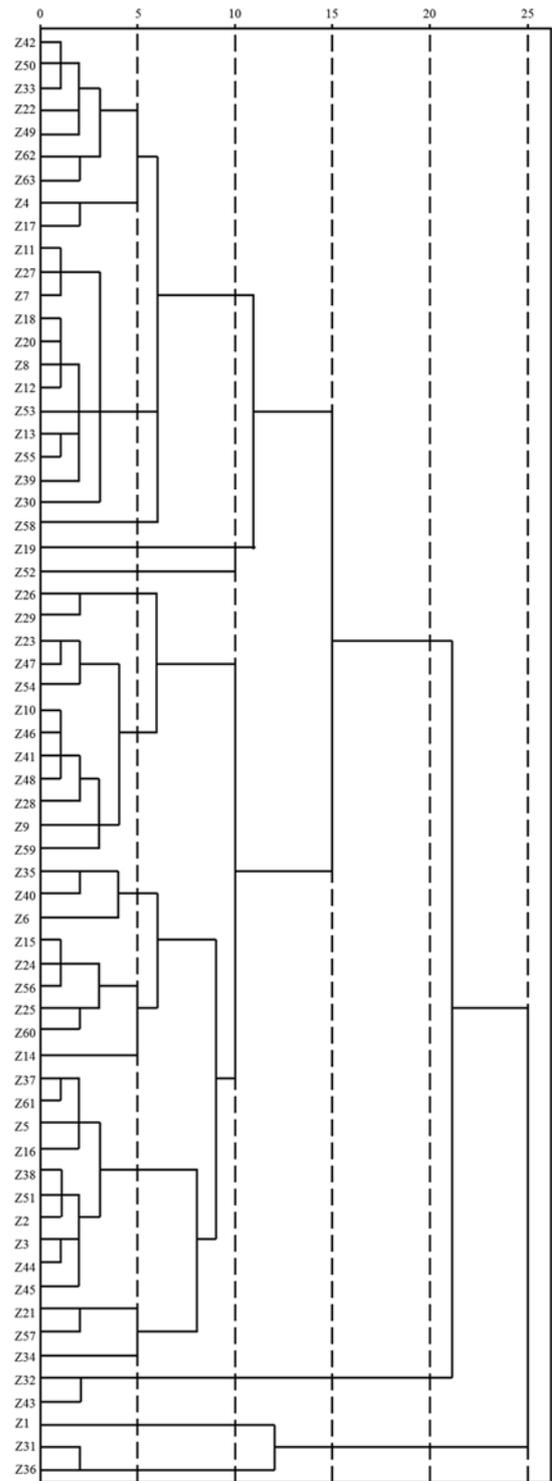


图 1 湖南芝麻种质资源基于 21 个农艺性状的聚类
Fig.1 Cluster dendrogram of sesame genetic resources of Hunan based on 21 agronomic traits

平均蒴果长度 2.55 cm, 平均单株蒴果数 146 个, 平均每蒴粒数 61 粒, 平均千粒质量 2.32 g。单株蒴果数在 4 个类群中最大。综合来看, 第Ⅳ类全部为分枝型品种, 单株蒴果数性状突出, 其他数量性状表现一般, 可在选育分枝型品种时加以关注。

3 讨论

对湖南 63 份芝麻种质资源的遗传多样性的分析结果表明, 湖南省内芝麻资源遗传多样性较为丰富, 资源可选范围较大。

对芝麻种质资源的相关性进行分析, 结果表明, 在一定程度上, 株高越高、始蒴高度越低、果轴长度越长、单株蒴果数越多, 产量也就越高。

对 63 份芝麻种质资源的 21 个农艺性状进行聚类, 共分为 4 大类群: 第Ⅰ类可作为选育四棱以上芝麻品种的候选群体; 第Ⅱ类可作为选育丰产型品种的候选群体; 第Ⅲ类可作为选育矮杆型品种及蒴果长度较长的品种的候选群体; 第Ⅳ类可作为选育分枝型芝麻品种的候选群体。主成分分析结果表明, 前 4 个主成分反映了 9 个数量性状的主要信息, 其累计贡献率达到 74.076%, 每个主成分都比较客观地反映了各性状之间的相互关系。4 个主成分各性状的载荷值表明主成分分析结果与参试资源和性状指标的选择均有关系。在选育芝麻新品种时, 不仅要考虑与产量相关的各个因素, 同时还要综合考量各个性状之间的相互影响。

通过农艺性状对资源评价虽然简单快捷, 但容易受到自然环境和人为因素的影响, 在实际育种工作中, 选配亲本材料不仅要根据地理距离和遗传差异, 还要考虑当地的实际情况进行各方面的考虑。后续将根据现有芝麻资源丰富的表型多态性, 结合分子生物学等方面的研究, 从基因层面了解湖南芝

麻种质资源的遗传背景。同时利用已有的种质资源, 通过杂交、理化诱变、外源基因的导入等手段, 创造新的种质资源, 不断拓建基因库, 以期尽快促进湖南芝麻品种的遗传改良。

参考文献:

- [1] 柏连阳, 邹学校. 湖南农作物生态种植技术[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2018: 248-254.
- [2] ASHRI A. Sesame breeding[J]. Plant Breed Rev, 1998, 16: 179-228.
- [3] 杨文娟, 高媛, 魏鑫, 等. 芝麻种质资源信息数据库的设计与构建[J]. 中国油料作物学报, 2018, 40(1): 57-63.
- [4] 张秀荣, 冯祥运, 肖唐华. 鄂豫皖芝麻种质资源品质状况分析[J]. 作物品种资源, 1993(1): 26-27.
- [5] 冯祥运, 张秀荣. 芝麻优良种质资源的深化鉴定与综合评价[J]. 中国油料, 1996, 18(3): 63-66.
- [6] 王志中. 湖南省芝麻种质资源研究初报[J]. 作物研究, 1994, 8(3): 42-43.
- [7] 孙建, 刘红艳, 赵应忠, 等. 芝麻种质资源叶绿素含量的多样性分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(12): 5-9, 16.
- [8] 张艳欣, 张秀荣, 车卓, 等. 应用 SRAP 标记分析白芝麻核心种质遗传多样性[J]. 中国油料作物学报, 2010, 32(1): 46-52.
- [9] 车卓, 张艳欣, 孙建, 等. 应用 SRAP 标记分析黑芝麻核心种质遗传多样性[J]. 作物学报, 2009, 35(10): 1936-1941.
- [10] 韩俊梅, 吕伟, 任果香, 等. 200 份芝麻种质资源农艺性状遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(13): 95-99.
- [11] 张秀荣, 冯祥运. 芝麻种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 罗维