

148 份西藏野生草莓种质资源的表型遗传多样性分析

吴 郁,张姗姗,李元会,李媛蓉,红 英,格桑平措,曾秀丽*

(西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所/农业部青藏高原果树科学观测实验站,西藏 拉萨 850032)

摘 要:对西藏地区的 148 份野生草莓进行了表型性状鉴定,利用相关系数、主成分分析等统计方法,评价了供试材料 28 个表型性状的遗传多样性。结果表明,11 个描述型性状的遗传多样性指数范围为 0.105 ~ 1.235,17 个数值型性状的变异系数范围为 23.268 % ~ 76.806 %。相关性分析表明,绝大部分性状间均存在显著或极显著相关性。主成分分析将表型性状分为 5 个主成分,累积贡献率为 46.414 %。综上,148 份野生草莓的遗传多样性丰富,可根据不同的育种目标筛选具有优良性状的亲本材料。

关键词:西藏;野生草莓;种质资源;遗传多样性

中图分类号:S668.4 **文献标识码:**A

Genetic Diversity Analysis of 148 Wild Strawberry Germplasm Resources in Tibet

WU Yu, ZHANG Shan-shan, LI Yuan-hui, LI Yuan-rong, HONG Ying, Gesangpingcuo, ZENG Xiu-li*

(Institute of Vegetables, Tibet Academy of Agriculture & Animal Husbandry Sciences, Tibet Plateau Fruit Tree Scientific Observation Experimental Station of Ministry of Agriculture, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract:The objective of this research attempts to evaluate the diversity of 148 wild strawberry germplasm resources by phenotypic characters. A total of 28 phenotypic traits were investigated on all the test accessions, and result showed that the genetic diversity of 11 descriptive traits ranged from 0.105 to 1.235, the variation coefficients of 17 numerical characters ranged from 23.268 % to 76.806 %. In addition, most numerical traits related significant or extremely significant. Five principle component factors were extracted from the phenotypic traits with a cumulative percentage of 46.414 % by principle component analysis (PCA). In conclusion, the rich genetic diversity of wild strawberry may provide parental materials with excellent characters.

Key words: Tibet; Wild strawberry; Germplasm resource; Genetic diversity

草莓(Strawberry),属于蔷薇科(Rosaceae)草莓属(*Fragaria*),多年生草本植物,在园艺学上属浆果类果树。其果实味道鲜美,营养丰富,具有较高的营养价值和经济价值^[1-2]。据《西藏植物志》记载,西藏地区分布有 4 种野生草莓,分别为西藏草莓(*F. nubicola* Lindl.)、西南草莓[*F. moupinensis* (Franch.) Card.]、裂萼草莓(*F. daltoniana* J. Gay.)、纤细草莓(*F. gracilis* Lozinsk.)^[3]。邓明琴等^[4]、雷家军等^[5]的研究也同样记载了这 4 个野生

草莓品种。德庆措姆等^[6]对西藏各地区的野生草莓进行了实地调查,还发现除上述 4 种草莓的另外 3 个种,分别是五叶草莓(*F. pentaphylla*)、黄毛草莓(*F. nilgerrensis*)、高原草莓(*F. tibetica*)。我国自然分布的野生草莓有 11 个种,约占世界草莓属植物(20 个种)的一半^[7]。西藏地区可考证的野生草莓就有 7 个种,其中西藏草莓和西南草莓的果实还有红果和白果之分。由此可见,西藏地区野生草莓资源极为丰富。

野生草莓作为一种纯天然无污染的食品,其果实色泽鲜艳、风味独特,具有极高的营养价值。同时,草莓还兼具药用功效,深受人们喜爱^[8]。我国西藏地区地域广阔,地形复杂,气候干燥寒冷,且昼夜温差大。生长在这里的野生草莓早已演化出能适当地生态环境的特质,具有抗旱、抗寒、抗病等优良性状,是草莓产业发展的宝贵资源库^[9-10]。因此

收稿日期:2020-08-12

基金项目:西藏自治区科技厅资助的“青藏高原果树绿色发展技术集成与示范”项目(藏科发[2019]96号 XZ201901NB04);第二次青藏高原综合科学考察研究课题植物多样性可持续利用与评估(2019QZKK0502)子课题“传统农业植物资源调查与研究评估”(2019QZKK05020302)

作者简介:吴 郁(1994-),女,四川安岳人,在读博士研究生,主要从事小麦抗条锈病育种工作, E-mail: 1363797694@qq.com, * 为通讯作者。

西藏野生草莓成为当地栽培草莓性状改良的重要资源。目前关于西藏野生草莓种质资源的研究主要开展了以下几个方面:①种质资源的实地调查与收集;②性状评价(植物学性状、果实品质、抗病抗逆性);③遗传多样性分析。了解西藏野生草莓的资源分布、各地区草莓资源的植物学特征以及果实品质,不管是对西藏地区野生草莓种质资源的保护,还是深入研究利用野生草莓的优良性状,都具有重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验所有供试材料共计 138 份野生草莓种质资源,均收集于西藏自治区各市、县,编号为 XZ-1 ~ XZ-138,由西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所收集、整理及保存。所有收集的资源均种植于西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所试验基地,地理位置为 91°06'E,29°36'N,海拔 3650 m,年平均气温 7.4 ℃,全年日照时长达 3000 h 以上,年降水量 200 ~ 510 mm,年无霜期 100 ~ 120 d。试验地为沙壤土,保水保肥能力中等。

1.2 试验方法

参照《草莓种质资源描述规范和数据标准》,对草莓株高、植株冠径、匍匐茎粗度、匍匐茎数量、叶片长、叶片厚、叶片宽、叶柄粗度、叶柄长度、复叶数量、新茎分枝数 11 个数值型性状指标及小叶数、植株姿态、匍匐茎颜色、匍匐茎绒毛着生状态、匍匐茎抽生习性、匍匐茎抽生次数、叶面状态、叶片颜色、叶片形状、叶片边缘锯齿、叶片质地、叶片正面绒毛着生状态、叶片背面绒毛着生状态、叶柄颜色、叶柄绒毛着

生状态、托叶颜色、耳叶 17 个描述型性状指标进行了观测和统计。描述型性状指标按照标准要求进行分级赋值,数值型性状指标则无需赋值,直接使用测得的数值进行相关运算。所有表型数据的观测和分级均参照《草莓种质资源描述规范和数据标准》进行。

1.3 数据统计与分析

利用 Excel 2003 计算各数值型性状的最大值、最小值、极差、平均值、标准差以及变异系数。描述型性状的遗传多样性指数即 Shannon-Wiener index 信息指数(H'),计算公式为: $H' = - \sum P_i \times \ln P_i$ 。 P_i 为某性状中第 i 级别内材料的份数占材料总数的百分比,所有相应性状 H' 的均值表示一组或所有种质的遗传多样性程度。聚类分析和主成分分析采用 SPSS 17.0 软件进行运算。

2 结果与分析

2.1 野生草莓描述型性状遗传多样性分析

在供试的 138 份野生草莓资源中,不同描述型性状在不同的材料中表现出了不同的多样性。其中叶片形状的遗传多样性指数最高,为 1.235;其次是叶面状态的多样性较高,遗传多样性指数为 1.192;97.8 % 的材料叶片边缘锯齿表现为尖型,故遗传多样性指数最低,仅为 0.105。总体来说,多样性指数从大到小依次为:叶片形状 > 叶面状态 > 匍匐茎颜色 > 植株姿态 > 匍匐茎绒毛着生状态 > 匍匐茎抽生次数 > 叶片颜色 > 小叶数 > 叶片背面绒毛着生状态 > 耳叶 > 叶柄颜色 > 托叶颜色 > 叶片正面绒毛着生状态 > 匍匐茎抽生习性 > 叶片质地 > 叶片边缘锯齿(表 1)。

表 1 野生草莓种质资源的描述型性状的频率分布及多样性指数

性状 Trait		性状描述(频率分布) Characters description (Ratio of distribution)			多样性指数 H'
小叶数(张)	3	5	3 或 5		0.930
	LN	(0.587)	(0.123)	(0.290)	
植株姿态	直立	中间	开张		1.064
	PP	(0.225)	(0.435)	(0.341)	
匍匐茎颜色	浅红	红	深红	绿	1.137
	SL	(0.181)	(0.362)	(0.435) (0.014)	
匍匐茎绒毛着生状态	直立	斜生	紧贴		1.040
	VSSH	(0.297)	(0.174)	(0.522)	
匍匐茎抽生习性	奇数节不形成苗和匍匐茎	奇数节不形成苗但抽生匍匐茎	除第一节外奇数节形成苗	0.398	
	SGH	(0.007)	(0.043)	(0.906)	

续表 1 Continued table 1

性状 Trait	性状描述(频率分布) Characters description (Ratio of distribution)					多样性指数 <i>H'</i>
匍匐茎抽生次数	一次抽生	二次抽生	三次抽生			1.002
NSG	(0.616)	(0.246)	(0.094)			
叶面状态	匙状	边向上	平	平而尖向下	边向下	1.192
SF	(0.116)	(0.551)	(0.116)	(0.210)	(0.007)	
叶片颜色	黄绿	绿	深绿			0.939
CF	(0.123)	(0.572)	(0.304)			
叶片形状	圆形	椭圆形	菱形	卵圆形	倒卵圆形	1.235
SL	(0.007)	(0.362)	(0.130)	(0.080)	(0.420)	
叶片边缘锯齿	尖	钝				0.105
SSBE	(0.978)	(0.022)				
叶片质地	柔软	革质粗糙				0.131
TL	(0.971)	(0.029)				
叶片正面绒毛着生状态	直立	斜生	紧贴			0.587
LBAT	(0.123)	(0.819)	(0.058)			
叶片背面绒毛着生状态	直立	斜生	紧贴			0.854
LBIT	(0.051)	(0.428)	(0.522)			
叶柄颜色	黄绿	紫红				0.641
CP	(0.659)	(0.341)				
叶柄绒毛着生状态	直立	斜生	紧贴			1.010
CPV	(0.551)	(0.290)	(0.152)			
托叶颜色	浅绿	浅红	深红			0.609
CS	(0.783)	(0.188)	(0.029)			
耳叶	无	平展	漏斗状	兼有		0.825
EL	(0.109)	(0.739)	(0.029)	(0.123)		

注;LN. Lobular number,PP. Plant posture,SL. Stolon color,VSSH. Velvety state of stolon hairs,SGH. Stolon growth habit, NSG. Number of stolon growth, SF. The state of foliar, CF. The color of foliar, SL. The shape of leaf, SSBE. Serrate shape of blade edge, TL. texture of leaf, LBAT. Leaf blade adaxially tomentose, LBIT. Leaf blade inversely tomentose, CP. Color of petiole, CPV. The state of petiole villi, CS. The color of stipule, EL. Ear lobe.

2.2 野生草莓数值型性状的变异分析

对 138 份野生草莓资源进行数值型性状的统计分析(表 2)。结果表明,11 个数值型性状的变异系数在 23.268 % ~ 76.806 % ,反映了各材料各数值型表型值的离散程度。其中,变异系数最大的是复叶数量,变异系数最小的是叶宽。总体来看,变异系数由大到小排列顺序为:复叶数量 > 叶柄长度 > 匍匐茎数量 > 新茎分枝数 > 叶柄粗度 > 植株高度 > 植株冠径 > 叶厚 > 匍匐茎粗度 > 叶长 > 叶宽。统计分析结果表明,供试野生草莓资源的数值型性状变异程度较高,多样性丰富。

2.3 野生草莓数值型性状的相关性分析

对供试材料的 11 个数值型性状进行了相关性分析(表 3)。结果表明,大部分性状之间均存在极显著或显著的相关性。植株高度与植株冠径、匍匐

茎数量、叶长、叶宽、复叶数量、新茎分枝数呈极显著正相关,与叶厚、叶柄长度呈显著正相关;植株冠径与匍匐茎数量、叶长、叶宽、叶厚、复叶数量、新茎分枝数呈极显著正相关,与匍匐茎粗度、叶柄粗度呈显著正相关;匍匐茎粗度与叶厚、叶柄粗度呈极显著正相关,与复叶数量、新茎分枝数呈显著正相关;匍匐茎数量与叶长、叶宽、叶柄长度、复叶数量、新茎分枝数呈极显著正相关,与叶厚呈显著正相关;叶长与叶宽、叶柄粗度呈极显著正相关;叶宽与叶柄粗度呈极显著正相关;叶厚与叶柄粗度、复叶数量呈极显著正相关,与叶柄长度、新茎分枝数呈显著正相关;复叶数量与新茎分枝数呈极显著正相关。表型性状间的相关关系不仅反映了野生草莓在发育过程中各部位差异化协调发育的特征,同时也反映了不同表型性状间既相互独立又错综复杂的相关性。

表 2 草莓种质资源数量性状的统计分析

Table 2 Statistical analysis of numerical characters in strawberry germplasms

项目 Items	最大值 Max.	最小值 Min.	极差 Range	平均值 Mean value	标准差 SD	变异系数 % c. v. %
植株高度 (cm) PH	35.000	5.080	29.920	18.495	6.378	34.483
植株冠径 (cm) CD	79.000	11.800	67.200	36.898	12.193	33.046
匍匐茎粗度 (mm) DS	2.397	0.000	2.397	1.137	0.355	31.245
匍匐茎数量 (mm) NS	33.000	0.000	33.000	11.777	7.878	66.898
叶长 (mm) LL	77.583	14.400	63.183	50.253	12.312	24.499
叶宽 (mm) WL	51.160	11.123	40.037	33.938	7.897	23.268
叶厚 (mm) TL	0.993	0.170	0.823	0.517	0.163	31.575
叶柄粗度 (mm) DP	6.587	0.570	6.017	1.810	0.626	34.564
叶柄长度 (mm) LP	1046.667	11.000	1035.667	166.901	124.851	74.806
复叶数量(张/株) NCL	150.000	3.000	147.000	39.246	29.943	76.295
新茎分枝数(枝/株) NB	15.000	0.000	15.000	5.795	3.319	57.277

注:SD. Standard Deviation; CV. Coefficient Variation; PH. Plant height, CD. Crown diameter, DS. Diameter of stolon, NS. Number of stolon, LL. Length of leaf, WL. Width of leaf, TL. Thickness of leaf, DP. Diameter of petiole, LP. Length of petiole, NCL. Number of compound leaf, NB. Number of branches. The same as below.

2.4 主成分分析

对 138 份供试材料的 28 个表型性状进行了主成分分析(表 4)。结果显示,前 5 个主成分的贡献率分别为 14.485 %、9.859 %、7.809 %、7.469 %、6.793 %,累积贡献率为 46.414 %;第一主成分特征值为 4.721,特征向量绝对值较高的性状有叶长、叶宽、株高和叶柄长度;第二主成分特征值为 3.573,特征向量绝对值较高的性状有复叶数量、新茎分枝数和匍匐茎数量;第三主成分特征值为 2.295,特征向量绝对值较高的性状有匍匐茎绒毛着生状态、叶片背面绒毛着生状态和叶柄绒毛着生状态;

第四主成分特征值为 1.858,特征向量绝对值较高的性状有匍匐茎抽生次数、叶片性状、叶片厚度、叶柄粗度和匍匐茎粗度;第五主成分特征值为 1.582,特征向量绝对值较高的性状有匍匐茎抽生习性和叶片质地。

3 讨 论

3.1 种质资源的遗传多样性

种质资源遗传多样性的丰富程度对于品种的改良和新品种的选育发挥着重要的作用,而资源的各种生物学性状是植物生长发育的最直接表现,受到

表 3 草莓种质资源主要数量性状相关性分析

Table 3 Correlation analysis of main quantitative characters of strawberry germplasm resources

	植株 高度 (cm) PH	植株 冠径	匍匐茎 粗度	匍匐茎 数量	叶长	叶宽	叶厚	叶柄 粗度	叶柄 长度	复叶 数量	新茎分 枝数
植株高度 (cm) PH	1.000										
植株冠径 (cm) CD	0.445 **	1.000									
匍匐茎粗度 (mm) DS	0.094	0.174 *	1.000								
匍匐茎数量 (mm) NS	0.448 **	0.537 **	-0.011	1.000							
叶长 (mm) LL	0.662 **	0.375 **	0.113	0.308 **	1.000						
叶宽 (mm) WL	0.534 **	0.436 **	0.115	0.274 **	0.882 **	1.000					
叶厚 (mm) TL	0.210 *	0.243 **	0.407 **	0.218 *	0.080	0.122	1.000				
叶柄粗度 (mm) DP	0.135	0.184 *	0.396 **	0.092	0.339 **	0.352 **	0.304 **	1.000			
叶柄长度 (mm) LP	0.188 *	0.018	-0.077	0.482 **	0.134	0.135	0.180 *	-0.110	1.000		
复叶数量 (张/株) NCL	0.305 **	0.377 **	0.219 *	0.522 **	0.045	-0.013	0.337 **	0.172 *	0.003	1.000	
新茎分枝数 (枝/株) NB	0.246 **	0.416 **	0.182 *	0.426 **	0.049	-0.010	0.194 *	0.130	-0.042	0.715 **	1.000

注: ** 表示在 $P=0.01$ 水平上显著相关; * 表示在 $P=0.05$ 水平上显著相关。
Note: ** Significantly correlated at 0.05 level; * Significantly correlated at 0.01 level.

表 4 前 5 个主成分的特征值和贡献率

Table 4 The eigenvalues and contribution percentages of first five principal components

性状 Traits	主成分因子 Principal components factor				
	1	2	3	4	5
植株高度 (cm) PH	0.222	0.004	-0.060	0.062	0.003
植株冠径 (cm) CD	0.104	0.162	0.034	-0.047	0.128
匍匐茎粗度 (mm) DS	0.037	-0.023	-0.082	0.219	0.051
匍匐茎数量 (mm) NS	0.026	0.272	0.079	-0.007	-0.081
叶长 (mm) LL	0.247	-0.102	-0.001	0.035	-0.006
叶宽 (mm) WL	0.241	-0.123	-0.007	0.023	0.028
叶厚 (mm) TL	0.017	0.110	0.104	0.230	0.046
叶柄粗度 (mm) DP	0.055	-0.015	-0.027	0.224	-0.125
叶柄长度 (mm) LP	0.212	0.009	-0.015	0.002	0.034
复叶数量 (张/株) NCL	-0.085	0.363	0.052	0.037	-0.067
新茎分枝数 (枝/株) NB	-0.089	0.356	0.015	-0.075	0.033
小叶数 LN	0.039	-0.077	-0.204	0.086	0.047
植株姿态 PP	-0.130	0.000	0.041	0.044	0.009
匍匐茎颜色 SL	0.056	0.009	-0.078	0.012	0.057
匍匐茎绒毛着色状态 VSSH	-0.039	0.097	0.450	0.027	-0.020
匍匐茎抽生习性 SGH	-0.050	0.049	0.020	0.190	-0.510
匍匐茎抽生次数 NSG	-0.046	0.000	0.077	0.444	-0.049
叶面状态 SF	0.022	-0.042	0.012	-0.003	-0.031
叶片颜色 CF	-0.044	0.014	0.014	0.002	0.039
叶片形状 SL	-0.059	0.059	-0.001	-0.276	0.119
叶片边缘锯齿 SSBE	-0.001	-0.058	-0.023	0.065	0.020
叶片质地 TL	-0.003	0.013	0.056	0.014	0.454
叶片正面绒毛着生状态 LBAT	-0.029	0.046	-0.078	0.197	0.118
叶片背面绒毛着生状态 LBIT	0.008	0.030	0.337	0.141	0.119
叶柄颜色 CP	0.069	-0.052	-0.061	-0.032	0.015
叶柄绒毛着生状态 CPV	0.003	-0.037	0.334	0.012	0.022
托叶颜色 CS	-0.062	0.130	0.098	0.084	-0.072
耳叶 EL	0.022	0.050	0.066	-0.183	0.054
特征值 Eigenvalue	4.721	3.573	2.295	1.858	1.582
贡献率(%)Contribution rate	14.485	9.859	7.809	7.469	6.793
累计贡献率(%)Cumulative contribute rate	14.485	24.343	32.152	39.621	46.414

基因和环境因素的共同调控,最终表现出适应性和
变异性共存的特点^[11]。因此,准确的表型鉴定和分
析对于种质资源的收集与利用意义重大。本次收集
到的野生草莓在形态学性状上表现出较大的差异,
绝大部分数值型性状之间表现出显著或极显著的相
关性。性状变异主要来源于叶片形状、叶面状态、复
叶数量和叶柄长度等性状。叶片形状和叶面状态的
多样性显示了野生草莓植株在各自生长环境中的适

应性;复叶数量的多少通过影响光合效率,从而影响
草莓植株的整体生长情况。综上所述,可根据不同
的育种目标筛选具有优势性状的育种亲本,在品种
改良过程中实现优势互补。

3.2 西藏地区野生草莓种质资源的利用前景

西藏地处我国第三极,平均海拔在 4000 m 以
上,被称为“世界屋脊”,地理环境复杂,气候、温度
等自然条件差异明显。由于西藏地区特殊的环境,

野生草莓资源在其原生境形成了耐寒、耐旱、耐贫瘠等优良性状^[12]。本实验结果表明,西藏地区的野生草莓表型多样性丰富,是草莓品种改良和新品种选育的重要潜在种质资源。要对西藏地区的野生草莓进行合理的开发利用,首要的是要建立起草莓种质资源圃,为后续的表型评价、驯化栽培以及育种提供良好的基础平台^[13]。有研究者通过对比西藏野生草莓和栽培草莓的果实品质,发现野生草莓的风味独特、色泽鲜艳^[14],说明西藏野生草莓种质资源的利用前景广阔。

参考文献:

[1]雷家军,薛莉,代汉萍,待.世界草莓属(*Fragaria*)植物的种类与分布[C].//张运涛,雷家军.草莓研究进展(IV).北京:中国农业出版社.2015:349-360.

[2]侯丽媛,董艳辉,聂园军,等.世界草莓种质资源种类与分布综述[J].山西农业科学,2018,46(1):145-149.

[3]吴征镒.西藏植物志.第2卷[M].北京:科学出版社,1983:631-633.

[4]邓明琴,雷家军.中国果树志·草莓卷[M].北京:中国林业出版

社,2005:20-32.

[5]雷家军,代汉萍,谭昌华,等.中国草莓属(*Fragaria*)植物的分类研究[J].园艺学报,2006,33(1):1-5.

[6]德庆措姆,格桑,薛莉,等.西藏野生草莓资源的地理分布初报[J].中国果树,2012,4:22-24.

[7]朱薇,杨明攀.中国野生草莓资源研究及利用进展[J].中国南方果树,2012,41(4):50-52.

[8]曹雨虹,谭睿,谢彬,等.藏药资源概况及品种整理[J].世界科学技术(中医药现代化),2012,14(1):1184-1188.

[9]葛会波.草莓种质资源的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,1991.

[10]李荣钦,关法春,孟凡娟,等.西藏色季拉山野生西南草莓遗传多样性的初步研究[J].西南农业学报,2011,24(5):1895-1898.

[11]聂石辉,彭琳,王仙,等.鹰嘴豆种质资源农艺性状遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2015,16(1):64-70.

[12]周金梅,关法春,王超,等.林芝地区西藏草莓的果实质量评价[J].北方园艺,2019(9):56-59.

[13]德庆措姆,格桑,薛莉,等.西藏野生草莓资源的地理分布初报[J].中国果树,2012,4:22-24.

[14]王超,关法春,沙志鹏,等.西藏西南草莓果实质量评价[J].经济林研究,2015,33(4):137-139.