

四川及其周边地区野生草莓资源调查、收集与评价

李洪雯^{1,2}, 刘建军^{2,3}, 何健^{1,2}, 关斌^{1,2}, 王建辉^{1,2}, 李旭锋⁴, 陈克玲^{1,2}

(¹ 四川省农业科学院园艺研究所, 成都 610066; ² 农业部西南地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 成都 610066;

³ 四川省农业科学院, 成都 610066; ⁴ 四川大学生命科学学院, 成都 610064)

摘要: 调查了四川及其周边地区(未包括青海省)野生草莓资源种类和地理分布, 将收集的野生草莓资源进行迁地保存, 并对其农艺性状、抗非生物和生物胁迫能力的变异进行了主成分分析。结果表明, 四川及其邻近周边高海拔地区野生草莓主要分布在 26°14' ~ 33°22' N、96°57' ~ 108°13' E、海拔 823 ~ 4531m 的垂直空间范围内。黄毛草莓(*Fragaria nilgerrensis* Schlecht.)、五叶草莓(*F. pentaphylla* Lozinsk.)、西南草莓(*F. moupinensis* (Franch.) Card.) 和纤细草莓(*F. gracilis* Lozinsk.) 是该区域分布的 4 个野生草莓种类, 其中五叶草莓有红果和白果两个类型。黄毛草莓浆果具有特殊的蜜桃香气。株高、叶柄长度、小叶长度、小叶宽度、茸毛、耐旱性和耐热性是野生草莓遗传性状的主要指标, 茸毛数量与抗逆性密切相关。

关键词: 四川及周边地区; 野生草莓; 调查; 收集; 评价

Investigation and Collection and Evaluation on Wild Strawberry Resources in Sichuan and Neighboring Regions

LI Hong-wen^{1,2}, LIU Jian-jun^{2,3}, HE Jian^{1,2}, GUAN Bin^{1,2},

WANG Jian-hui^{1,2}, LI Xu-feng⁴, CHEN Ke-ling^{1,2}

(¹ Horticulture Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066;

² Key Laboratory of Biology and Genetic Improvement of Horticultural Crops (Southwest Region), Ministry of Agriculture, Chengdu 610066;

³ Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066;

⁴ College of Life, Sichuan University, Chengdu 610064)

Abstract: The wild *Fragaria* species and their geographic distribution were investigated in Sichuan Province and neighboring regions (excluding Qinghai province). The wild strawberry resources were collected and moved into the conservations. The variance and principal component analysis of the botanic characters, flowering and fruiting habits, resistant capability under abiological and biological stress were evaluated respectively. The results indicated that the wild strawberry resources in Sichuan and neighbouring areas distributed mainly from 26°14' ~ 33°22' N to 96°57' ~ 108°13' E at the altitudes of 823 ~ 4531m. Four wild strawberry species including *Fragaria. nilgerrensis* Schlecht., *F. pentaphylla* Lozinsk. (red fruit type and white fruit type), *F. moupinensis* (Franch.) Card. and *F. gracilis* Lozinsk. had been identified in the investigation. The fruit of *F. nilgerrensis* Schlecht. has special peach aroma. The plant height, petiole length, leaf length and width, hairs density, drought resistance and high temperature resistance were the key indicator of the hereditary character. And hairs density was closely related to the stress resistance.

Key words: Sichuan province and its neighboring regions; Wild strawberry; Investigation; Collection; Evaluation

收稿日期: 2012-04-12 修回日期: 2012-05-31

基金项目: 四川省财政基因工程专项 (2011JYGC05-018); 四川省果树育种攻关项目 (2011YZGG-7); 公益性行业 (农业) 科研专项 (草莓) (201003064)

作者简介: 李洪雯, 博士, 副研究员, 主要从事果树育种、栽培及生物技术研究。E-mail: cinallee@hotmail.com

中国是草莓属植物三大起源中心之一^[1],也是世界上野生草莓资源最为丰富的国家,全世界草莓属约 24 个种中我国自然分布 13 个种^[2-3],主要分布在东北、西北和西南地区^[4-8]。四川及周边地区地处青藏高原东段、横断山脉、云贵高原、秦巴山,生态环境多样,是野生草莓资源的天然基因库,也是我国野生草莓资源的最主要分布地之一^[9-13]。经过长期的演化与自然选择,该区域出现了较多的种、变种和类型。由于许多野生草莓资源具有优良的遗传性状,国内外草莓育种者对部分野生草莓资源进行了创新利用^[14-20]。

为了进一步了解该地区不同生态区域的野生草莓种类及分布状况,本课题组深入四川及其邻近周边地区(未包括青海省)的部分高海拔区域,对野生草莓种质资源开展了系统调查、收集,并对其进行了分类鉴定,同时对野生草莓资源的农艺性状、抗逆性和抗病虫害能力进行了评价。

1 材料与方法

1.1 资源调查、收集与保存

野生草莓资源调查收集范围为四川及其邻近周边(云南、贵州、陕西、重庆、甘肃、西藏)部分高海拔区域。根据农作物种质资源收集技术规程进行野生草莓资源收集^[21]。样本采集地点根据居群(亚居群)大小、生态环境和繁殖特性而定。阴坡、阳坡各设置 1 个采集点、海拔每升高 100~300m 设 1 个采集点。随机采集样本数量,个体间距至少在 15m 以上。特异类型或形态单独采样。考虑到保持遗传多样性和样本的成活率,采集样本个体的数量应多于实际所需的数量。所有收集的野生草莓资源样本均盆栽保存于四川省农业科学院园艺研究所草莓种质资源圃隔离网室内,栽培管理条件一致。

1.2 农艺性状评价

同一生长季节测量其农艺性状,包括株高、花期、茸毛、花朵直径、小叶长度、小叶宽度、叶柄长度、匍匐茎间长度、花序长度、花序花朵数。测定各项指标时,随机选取每份试验样品的 5 株,均在盛花期测定。小叶长、宽每株测定 3 个成熟叶片的中心小叶,取平均值;叶柄长度每株测定 3 个成熟叶柄,取平均值;匍匐茎间长度测定每株 3 个匍匐茎的第 2、第 3、第 4 节长度,取平均值;花序长度每株测定 1 个主花序的长度;茸毛分为 4 级(无毛—稀疏为 1、较密为 2、密为 3、浓密为 4);花朵直径每株测定 5 朵。

1.3 抗非生物胁迫和生物胁迫能力(抗性)评价

抗性包括耐旱性、耐热性、耐红蜘蛛、耐蚜虫、耐白粉病能力。随机选取每份试验样品的 5 株进行测试。耐旱性于 7 月份当大棚内连续 5 天白天气温高于 35℃ 以上时,在无水源灌溉条件下进行观测(植株叶长正常为 1, 1/3 叶片萎蔫为 2、2/3 叶片萎蔫为 3、全株萎蔫为 4);耐热性于 7 月份当大棚内连续 10 天白天气温高于 35℃ 以上时,有水源条件下进行观测(植株叶片正常为 1、1/3 叶片萎蔫为 2、2/3 叶片萎蔫为 3、全株萎蔫为 4);耐红蜘蛛能力指数为植株平均每叶片上的红蜘蛛头数(0~2 头为 1、3~5 头为 2、6~8 头为 3、9 头以上为 4);耐蚜虫能力指数为植株平均每叶片上的蚜虫头数(0~2 头为 1、3~5 头为 2、6~8 头为 3、9 头以上为 4);耐白粉病指数为染白粉病的叶面与整个叶面相比(感染率 0~10% 为 1、11%~30% 为 2、31%~50% 为 3、51% 以上为 4);抗虫能力(红蜘蛛、蚜虫)在 3~4 月中下旬红蜘蛛、蚜虫爆发期进行观测;抗病性(白粉病)在 3 月份草莓白粉病流行期进行观测。

各观测指标作为原始数据进行主成分分析,采用 Excel (Office 2000) 及 NTSYS-PC (2.1e) 生物统计分析软件进行数据分析。将标准化后的数据矩阵后求出相关系数,再计算相关系数的特征向量 (Eigen vector) 及其特征值 (Eigen value)。

2 结果与分析

2.1 四川及周边地区野生草莓资源分布情况与种类

四川及其周边的野生草莓资源主要分布在海拔 823~4531m 的垂直空间里,位于 26°14'~33°22'N, 96°57'~108°13'E, 分布区域广,生境类型和气候类型以及采样地的土壤类型变化较大(图 1, 表 1)。其中,黄毛草莓 (*Fragaria nilgerrensis* Schlecht.) 分布最广,在南亚热带干热河谷季风气候,暖温带、温带和寒温带季风等多种气候带类型中,纬度从 26°14'N(川西南的攀枝花)至 32°39'N(川陕渝交界的大巴山),经度从 100°13'E(滇西北玉龙雪山)至 108°13'E(川陕渝交界的大巴山),海拔从 1034m(川东北南江米仓山)至 3547m(川西南木里)之间的高海拔区域均发现有黄毛草莓。五叶草莓 (*F. pentaphylla* Lozinsk.) 分布范围为 27°48'~33°22'N, 101°57'~108°13'E, 海拔高度为 1034~3035m。其中红果五叶草莓主要分布在纬度较高的川西北龙门山脉、川北和川东北的

大巴山、盆周高海拔的山区;白果五叶草莓主要分布川东北的大巴山。纤细草莓(*F. gracilis* Lozinsk.)主要分布在大巴山、龙门山。西南草莓(*F. moupinensis* (Franch.) Card.)分布在27°08′~31°58′N, 96°57′~101°59′E,海拔2628~4531m,主要分布在川西高原西部和北部、滇西北和藏东南区域。在川中和川东发现同一地点有黄毛草莓与五叶草莓的分布,在川西高原西部和滇西北发现同一地点有黄毛草莓与西南草莓的分布。

调查收集的196份野生草莓资源经染色体计数、参考国内文献^[3,9]和国内外草莓专家实地鉴别,有黄毛草莓(*F. nilgerrensis* Schlecht.)55份、五叶草莓(*F. pentaphylla* Lozinsk.)81份(包括红果和白果两个类型)、纤细草莓(*F. gracilis* Lozinsk.)3份、西南草莓(*F. moupinensis* (Franch.) Card.)57份等4

表 1 四川及其周边地区野生草莓资源调查、收集情况

Table 1 Investigation and collection on wild *Fragaria* resources in Sichuan Province and neighboring regions

调查、收集区域 Regions	海拔 (m) Altitude	经度 East Longitude	纬度 North Latitude	种类及样本数 Species and No. of samples
川东、渝西(华莹山)	1481~1551	106°47′~106°48′	30°17′~30°18′	黄毛草莓 3
川南、黔西(泸州)	1117~1545	105°29′~105°44′	28°11′~28°16′	黄毛草莓 4
川西南(小相岭)	1671~2949	102°16′~102°32′	28°29′~29°15′	黄毛草莓 6
川西南(攀西)	2069~2982	101°42′~103°17′	26°14′~27°48′	黄毛草莓 8、五叶草莓 1
川西南、滇西北(横断山)	2692~4058	100°13′~101°43′	27°08′~28°55′	黄毛草莓 8、西南草莓 9
川中西部(东达山)	1400~2126	102°33′~102°40′	30°25′~30°26′	黄毛草莓 1、五叶草莓 4
川中偏南(峨眉、瓦屋山)	1486~3051	102°56′~103°20′	29°31′~29°43′	黄毛草莓 15、五叶草莓 10
川中(茶坪山)	1139~2020	103°07′~103°49′	30°17′~31°12′	五叶草莓 4、纤细草莓 2
川西(二郎山、海螺沟)	1908~3232	101°59′~102°19′	29°34′~29°51′	黄毛草莓 3、西南草莓 2
川西高原(西部)	2634~4146	99°24′~101°58′	29°37′~30°23′	西南草莓 13
川西高原(北部)	3011~4284	98°36′~101°27′	30°30′~31°58′	西南草莓 14
藏东南	2628~4531	96°57′~98°43′	28°39′~31°39′	西南草莓 19
川西北、甘南(岷山)	1600~3543	103°37′~104°16′	32°44′~33°22′	五叶草莓 25
川西北(摩天岭)	1050~2906	104°09′~104°50′	32°12′~32°55′	黄毛草莓 1、五叶草莓 6
川北(曾家山)	823~1550	105°57′~106°13′	32°34′~32°41′	五叶草莓 13、纤细草莓 1
川东北、陕南(米仓山)	998~1865	106°03′~107°04′	32°38′~32°47′	黄毛草莓 5、五叶草莓 15
川东北、陕南(大巴山)	1022~1225	108°01′~108°13′	32°09′~32°12′	黄毛草莓 1、五叶草莓 3
合计	823~4531	96°57′~108°13′	26°14′~33°22′	196

2.2 野生草莓的花、果特征

野生草莓的花朵、果实形态多样(图2,图3)。五叶草莓花期在4~6月,果期在5~7月;花有离瓣、合瓣和叠瓣3种类型,花瓣有4~6瓣;花药较小、黄色;有雌、雄蕊败育现象;果实椭圆形或卵圆

个主要野生种(表1),没有发现《中国果树志·草莓卷》上记载分布的森林草莓(*F. vesca* L.)^[9]。

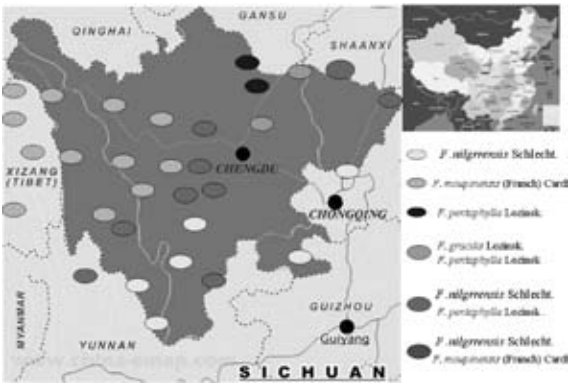


图 1 四川及周边地区野生草莓调查、收集与种类分布
Fig. 1 Investigation and collection and distribution map of wild *Fragaria* species in Sichuan province and its neighboring regions

形,有红果、白果两种类型,白果香味浓于红果,红果较酸。黄毛草莓花期在4~5月,果期在5~6月;完全开放的花瓣离生、通常5瓣;花药较大,黄色或橙色;果实半圆球形,白色或略带粉红色,有明显蜜桃香味,来源不同香味差异明显,川西南

(攀西)黄毛草莓果实的蜜桃香味浓于川陕渝交界大巴山处的黄毛草莓。西南草莓花期在 5 - 8 月,果期在 7 - 9 月;花一般叠瓣或合瓣,少见重瓣和离瓣,5 ~ 7 瓣;花药较小,黄色;有雌株、雄株;果实椭圆形或卵圆形,红色,香味不明显,藏东南个别

地方的西南草莓果实香味较突出;瘦果(种子)少,凹于果面。纤细草莓植株纤弱,花期在 4 - 5 月,果期在 5 - 6 月,果实红色,香味淡;花瓣多离生,5 ~ 6 瓣;花药较小、黄色;雄蕊较长、雌蕊较短小;成熟浆果上的宿萼反折。



图 2 野生草莓花朵多样性

Fig. 2 The flower diversity of four wild *Fragaria* species

1 ~ 5: 五叶草莓花朵;6 ~ 9: 黄毛草莓花朵;10 ~ 12: 西南草莓花朵;13: 纤细草莓花朵
1 ~ 5: Flowers of *F. pentaphylla* Lozinsk. ;6 ~ 9: Flowers of *F. nilgerrensis* Schlecht. ;
10 ~ 12: Flowers of *F. moupinensis* (Franch.) Card. 13: Flower of *F. gracilis* Lozinsk.

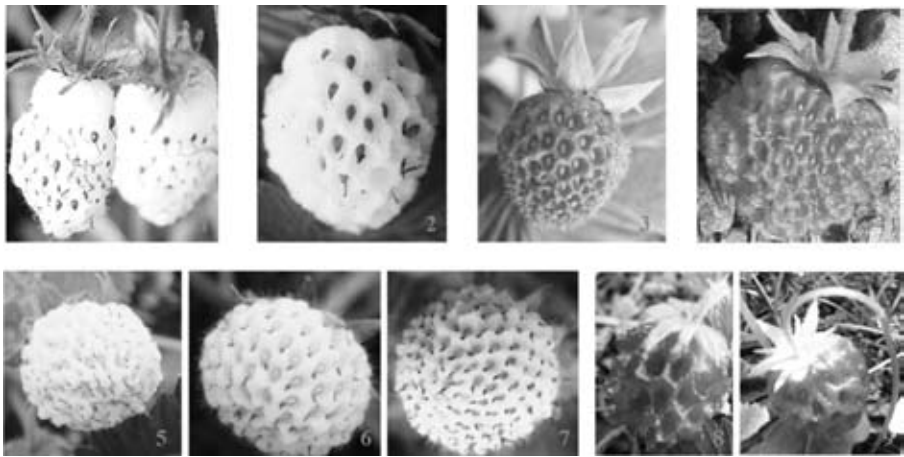


图 3 野生草莓果实多样性

Fig. 3 The fruits diversity of four wild *Fragaria* species

1 ~ 2: 五叶草莓白果型;3 ~ 4: 五叶草莓红果型;5 ~ 7: 黄毛草莓果实;8 ~ 9: 西南草莓果实;
1 ~ 2: White fruits of *F. pentaphylla* Lozinsk. ; 3 ~ 4: Red fruits of *F. pentaphylla* Lozinsk. ;
5 ~ 7: Fruits of *F. nilgerrensis* Schlecht. ;8 ~ 9: Fruits of *F. moupinensis* (Franch.) Card.

2. 3 野生草莓资源的农艺性状变异

在 196 份野生草莓资源中,株高变异系数

16. 99%,变化范围 6. 58 ~ 12. 84cm;小叶长度变异系数 20. 62%,变化范围 2. 72 ~ 7. 04cm;小叶宽度变

异系数 18.3%,变化范围 3.28~8.16cm;叶柄长度变异系数 18.99%,变化范围 5.36~11.24cm;茸毛变异系数 31.5%,数量级变化范围 1~4;匍匐茎节间长度变异系数 19.25%,变化范围 7.54~20.14cm;花序长度变异系数 36.28%,变化范围 2.2~11.48cm;花序花朵数变异系数 28.75%,变化范围 1~4.2;花朵直径变异系数 8.2%,变化范围 1.24~2.3cm。

野生草莓资源的植物学性状变异分析表明:不同野生草莓种类植物学表型存在较大差异,来自于同一地区的同一种类资源其植物学性状变异小,而来自于不同地理位置的同一种类资源存在较大幅度的变异,这说明野生草莓资源的植物学性状除种类本身差异外,长期的地理分布和自然选择与这些形态变异相关。

2.4 野生草莓资源的抗性变异

耐热性变异系数 44.65%,数量级变化范围 1~3;耐旱性变异系数 38%,变化范围 1~3;耐蚜虫能力变异系数 49.06%,变化范围 1~4;耐红蜘蛛能力变异系数 47.18%,变化范围 1~3;耐白粉病能力变异系数 49.07%,变化范围 1~4。相对而言,黄毛草莓的耐热性、耐旱性和耐蚜虫能力较强,西南草莓的耐热性最弱,而西南草莓的耐蚜虫、耐红蜘蛛和耐白粉病能力相对最强,五叶草莓和纤细草莓的抗性介于黄毛草莓与西南草莓之间。

野生草莓的抗性变异分析表明:野生草莓资源种类的差异是导致其抗性变异的主要原因;同时由于地理位置的阻遏作用,一些基因缺乏交流,在相应的地理环境条件下经过长期的自然选择而产生抗逆性变异,其变异幅度在相对较大的气象因子条件下往往较大。

2.5 野生草莓农艺性状和抗性的主成分分析

植物的农艺性状和抗性是其适应环境变化的直接表现,也是影响其生存的主要因素之一。在测定的 14 个项目指标中,各项的特征值、贡献率、累计贡献率结果中的前 8 个主成分所反应的总信息量为 88.1737%,特征值总和为 12.3444(表 2)。第 1 主成分代表了 27.5083%的变异,第 2 主成分代表了 15.7362%的变异,第 3 主成分代表了 11.9020%的变异,第 4 主成分代表了 7.9251%的变异,第 5 主成分代表了 7.2975%的变异,第 6 主成分代表了 6.8376%的变异。各特征值的大小代表各综合指标对总遗传方差的贡献大小,特征值表示各性状对综合指标的贡献大小。根据前 8 个主成分反应总信息量的 88.17%,列出此 8 个特征值在相应主成分中

的每个指标的系数,即其特征向量(表 3)。通过各指标在主成分中系数的大小以确定其在农艺性状分化指标中的作用大小。由于各主成分间是彼此独立,8 个主成分反应了 8 种不同组合的农艺性状类型,分别来自 11 个不同的指标。在第 1 主成分中有株高、叶柄长度、小叶长度和小叶宽度等 4 个指标;第 2 主成分有耐热性和耐旱性 2 个指标;第 3 主成分有茸毛 1 个指标。前 3 个层次包括了 7 个性状指标,基本代表了一半以上的信息。由此可见,株高、叶柄长度、小叶长度、小叶宽度、茸毛、耐热性和耐旱性是野生草莓性状分化的主要指标。

表 2 野生草莓农艺性状和抗性主成分分析的特征值和贡献率

Table 2 The main composition of agronomic traits in wild strawberry

项目 Item	特征值(λ) Characteristic value	贡献率(%) Contribution rate	累计贡献率(%) Accumulative contribution rate
第 1 主成分	3.85116568	27.5083	27.5083
第 2 主成分	2.20306133	15.7362	43.2445
第 3 主成分	1.66628041	11.9020	55.1465
第 4 主成分	1.10950915	7.9251	63.0715
第 5 主成分	1.02164759	7.2975	70.3690
第 6 主成分	0.95725735	6.8376	77.2066
第 7 主成分	0.80527276	5.7519	82.9585
第 8 主成分	0.73011793	5.2151	88.1737

3 讨论

四川及其周边的黄毛草莓浆果均有明显的蜜桃香味,但是不同区域的浆果蜜桃香味差别明显。川西南地区的黄毛草莓浆果蜜桃的香味浓于滇西北、川南、川东、川中和川东北的黄毛草莓,这可能与川西南地区的光照充足、温差大以及热量充沛有关。其中,阳面带红晕、非阳面白色的黄毛草莓浆果,瘦果红褐色、凸出或平于果面,蜜桃味较淡;阳面和非阳面均为白色的黄毛草莓浆果,其瘦果淡黄色或白色、凹于果面,蜜桃味浓郁。西南草莓相对其他几种野生草莓种类,雌雄异株,且有较多的雄株,其花期和浆果成熟期相对最晚,瘦果较少、明显凹于果面,浆果的香气较淡、偏酸,这可能与海拔高度和温度有关。五叶草莓中白果类型的浆果较红果类型大,香气明显强于红果类型。纤细草莓浆果较小、红色,香气较淡、偏酸。

表 3 野生草莓农艺性状和抗性主成分分析的主成分矩阵

Table 3 The matrix analysis of agronomic traits in wild strawberry

统计项 Note	第 1 主 成分 F1	第 2 主 成分 F2	第 3 主 成分 F3	第 4 主 成分 F4	第 5 主 成分 F5	第 6 主 成分 F6	第 7 主 成分 F7	第 8 主 成分 F8
株高 Plant height	0.9003	0.2437	0.0512	0.0864	-0.0697	0.0133	-0.2648	0.0218
叶柄长度 Petiole length	0.8870	0.2315	0.0443	0.0965	-0.0873	0.0330	-0.2834	0.0076
小叶长度 Leaf length	0.8476	-0.1774	0.0914	-0.1689	0.3209	0.0153	0.1645	0.2278
小叶宽度 Leaf width	0.8458	-0.1449	0.2127	-0.1748	0.2583	-0.0138	0.1610	0.2639
匍匐茎节间长度 Length of stolon	0.5065	-0.3596	-0.4276	-0.0474	-0.4734	-0.1273	0.0229	-0.0173
花朵直径 Flower diameter	-0.0810	0.1178	-0.5675	0.2523	0.6433	0.1871	-0.1370	-0.1249
花序长度 Inflorescence length	0.4482	0.4240	0.3440	0.4354	-0.0320	0.1882	-0.0678	-0.3716
花序花朵数 No. of flower s per inflorescence	0.0642	-0.4986	0.1879	0.1474	-0.0110	0.6910	0.3657	-0.0718
茸毛 Plant hairs	-0.1706	0.2212	0.7002	0.1241	0.2325	-0.4185	0.1902	-0.1148
耐旱性 Drought resistance	0.1321	0.7346	-0.2094	0.0302	-0.2777	0.1907	0.2650	0.0218
耐热性 High temperature resistance	-0.0684	0.7869	-0.0901	-0.0508	-0.0594	0.0118	0.3909	0.2184
耐白粉病能力 Powdery mildew resistance	-0.4762	0.4061	0.1035	-0.1372	0.0785	0.3102	-0.3658	0.4237
耐红蜘蛛能力 Mite resistance	0.2698	0.2757	-0.4993	-0.4080	0.2404	-0.1128	0.1584	-0.3317
耐蚜虫能力 Aphid resistance	0.0349	-0.1319	-0.3839	0.7432	0.0403	-0.2663	0.1616	0.3129

野生草莓资源农艺性状和抗性的变异是基因与环境共同作用的结果。来自不同生态区域和不同的野生草莓种类,其农艺性状和抗性存在丰富的遗传变异,变异主要来源自株高、叶柄长度、小叶长度和宽度、茸毛、耐热性和耐旱性等 7 个指标。野生草莓的茸毛能有效降低太阳强光直射,从而保护植株在高温炎热环境下免受强光辐射和灼伤,起到耐热作用;茸毛层的覆盖也可有效减少植株水分的快速蒸发,从而降低蒸腾作用,提高植株的抗蒸腾能力,起到耐旱作用;绒毛层的天然屏障作用,可有效阻遏蚜虫的取食和繁殖速度,从而降低其虫口密度,减少蚜虫的危害。因此,野生草莓的茸毛数量是体现野生草莓抗逆性的重要指标。

致谢:感谢沈阳农业大学雷家军教授、意大利 CRA-FRF 的 Gianluca Baruzzi 博士和克罗地亚萨格勒布大学农学院 Boris Duralija 博士在野生草莓种类鉴定方面给予的大力帮助。

参考文献

[1] Stauct G . The species of *Fragaria* ,their taxonomy and geographical distribution[J]. Acta Hort,1989 ,265 :23-34

[2] 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

[3] 雷家军,张运涛,赵密珍. 中国草莓 [M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2011

[4] 俞德浚. 中国植物志:第 37 卷[M]. 北京:科学出版社,1985: 350-357

[5] 葛会波,邓明群. 我国野生草莓资源的初步研究[J]. 中国野生植物资源,1993(1) :26-28

[6] 雷家军,杨高,代汉萍,等. 我国的草莓野生种质资源[J]. 果

树科学,1997,14(3) :198-200

[7] 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

[8] 雷家军,代汉萍,赵密珍,等. 中国分布四倍体野生草莓的调查研究[J]. 果树学报,2008,25(3) :358-361

[9] 段盛焯,宗学普,刘效义,等. 西藏果树资源考察初报[J]. 园艺学报,1983,10(4) :217-223

[10] 晁无疾,钟新. 秦巴山区野生草莓果树资源及其研究利用[J]. 作物品种资源,1988(4) :15-18

[11] 川东北及川西南作物种质资源考察队川东北及川西南作物种质资源考察搜集目录[C]. 1995,10:251-253

[12] 黄亨履,钟永模. 川陕黔桂作物种质资源考察文集[C]. 北京:中国农业出版社,1997

[13] 赵密珍,王壮伟,陶磅,等. 滇西北野生草莓资源考察研究初报[C]//第四届全国果树种质资源研究与开发利用学术研讨会论文汇编 .北京:园艺学会,2010:136-138

[14] Hancock J F,Luby J J. Genetic resources at our doorstep:the wild strawberries[J]. Bio Science,1993,43 :141-147

[15] Hancock J F,Callow P W,Dale A ,et al. From the Andes to the Rockies:Native strawberry collection and utilization [J]. Hort Science,2001,36:221-225

[16] Bauer A. Progress in breeding decaploid *Fragaria* × *Vescana*[J]. Acta Horti,1993,348:60-63

[17] Noguchi Y, Mochizuki T, Sone K. Breeding of a new aromatic strawberry by interspecific hybridization *Fragaria* × *ananassa* × *F. nilgerrensis*[J]. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science,2002,71:208-213

[18] 雷家军,代汉萍,邓明群. 等. 草莓种间杂交的研究[J]. 园艺学报,2002,29(6) :519-523

[19] Bors R H, Sullivan J A. Interspecific hybridization of *Fragaria vesca* subspecies with *F. nilgerrensis*, *F. nubicola*, *F. pentaphylla*, and *F. viridis*[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science,2005,30:418-423

[20] 王桂霞,张运涛,董静,等. 中国草莓育种的回顾和展望[J]. 植物遗传资源学报,2008,9(2) :272-276

[21] 郑殿升,刘旭,卢新雄,等. 农作物种质资源收集技术规程[S]. 北京:中国农业出版社,2007