

我国野生草莓主要分布区种质资源调查与收集

孙 瑞, 常琳琳, 李双桃, 董静, 钟传飞, 隗永青, 张宏力, 张运涛, 王桂霞*, 孙健*

(¹北京市农林科学院林业果树研究所/国家桃草莓种质资源圃(北京)/北京市草莓工程技术研究中心, 北京 100093)

摘要: 我国是世界上草莓属植物的主要分布区之一, 具有丰富独特的野生种质资源。遗传资源的有效利用是草莓种质创新和产业发展的重要推动力。为了厘清我国野生草莓种质资源的种类和分布规律, 从2016–2023年历时8年时间对我国的草莓野生资源进行了调查收集研究。共在云南、黑龙江、湖北等10个省、市、自治区26个县域收集草莓野生资源172份。根据生物学性状, 可归类为8个草莓野生种, 其中五叶草莓(*F. pentaphylla*)60份、黄毛草莓(*F. nilgerrensis*)42份、西南草莓(*F. moupinensis*)29份、森林草莓(*F. vesca*)8份、东方草莓(*F. orientalis*)5份、东北草莓(*F. mandshurica*)15份、中国草莓(*F. chinensis*)10份、伞房草莓(*F. corymbosa*)3份。总体的分布情况可划分为四个区域, 西部地区主要分布五叶草莓、黄毛草莓、西南草莓和中国草莓4个种, 华中地区主要分布黄毛草莓和中国草莓, 华北地区主要分布伞房草莓, 东北地区主要分布森林草莓、东方草莓、东北草莓3个种。同时, 通过考察获得了特异的草莓野生资源, 如粉果类型的五叶草莓, 极芳香的黄毛草莓, 果实风味好的东方草莓等。这些结果让我们对我国的草莓野生种质资源有了更加深刻的认识, 也将为资源的保护、利用和科学研究提供有力的参考。

关键词: 草莓属; 种质资源; 分类; 分布; 生物学性状

Investigation and Collection of Wild Strawberry Germplasm Resources in the Main Distribution Areas in China

SUN Rui, CHANG Linlin, LI Shuangtao, DONG Jing, ZHONG Chuanfei, WEI Yongqing, ZHANG Hongli, ZHANG Yuntao, WANG Guixia*, SUN Jian*

(¹Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences/ The National Peach and Strawberry Germplasm Resource Nursery (Beijing)/Beijing Engineering Research Center for Strawberry, Beijing 100093)

Abstract: China is one of the main distribution areas of the genus *Fragaria* with typical and unique wild germplasm resources. The utilization of these genetic resources will play an important role in germplasm innovation and industry development in strawberry. To figure out the taxonomy and distribution pattern of the wild strawberry species in China, we conducted the investigation and collection research over a period of 8 years, from 2016 to 2023. A total of 172 wild strawberry accessions were collected from 26 counties of 10 provinces including Yunnan, Hubei and Heilongjiang etc. According to their biological characteristics, the 172 accessions were classified into 8 species: *F. pentaphylla* (60 accessions), *F. nilgerrensis* (42 accessions), *F. moupinensis* (29 accessions), *F. vesca* (8 accessions), *F. orientalis* (5 accessions), *F. mandshurica* (15 accessions), *F. chinensis* (10 accessions), and *F. corymbosa* (3 accessions). The overall distribution could be divided into four major regions, the western China mainly distributed four wild species including *F. pentaphylla*, *F. nilgerrensis*, *F. moupinensis* and *F. chinensis*; the central China mainly distributed *F.*

收稿日期: 2024-11-01

网络出版日期:

URL:

第一作者研究方向为草莓种质资源与分子育种, E-mail: s422166122@126.com

通讯作者: 孙健, 研究方向为草莓种质资源与育种栽培, E-mail: sjroad@126.com

王桂霞, 研究方向为草莓种质资源与育种, E-mail: wgxia1972@163.com

基金项目: 国家特色蔬菜产业技术体系(CARS-24-A-14); 北京市农林科学院创新能力建设专项(KJ CX20230118); 北京市农林科学院林业果树所青年基金(LGSJJ202305)

Foundation projects: China Agriculture Research System of MOF and MARA (CARS-24-A-14); Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences Special Fund for the Construction of Scientific and Technological Innovation Capability (KJ CX20230118); Young Scholar Fund of Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences (LGSJJ202305)

nilgerrensis and *F. chinensis*; the northern China distributed *F. corymbosa*; and the northeastern China mainly distributed three species such as *F. vesca*, *F. orientalis* and *F. mandshurica*. Also some specific wild resources were identified in our investigation, like *F. pentaphylla* with pink fruits; *F. nilgerrensis* with aromatic fruits; and *F. orientalis* with good flavor fruits; etc. These findings given us a more impressive understanding of the wild strawberry germplasm resources, and provided valuable references for the conservation, utilization and scientific research of the resources.

Key words: *Fragaria*, germplasm resources, taxonomy, distribution, biological characteristics

草莓属植物在世界范围内分布广泛，亚洲、欧洲和美洲是其三个起源及分布中心。草莓属现认定 25 个种，染色体基数为 7，倍性变化丰富，包括 13 个二倍体种、5 个四倍体种、1 个五倍体种、1 个六倍体种、3 个八倍体种和 2 个十倍体种^[1-3]。

我国野生草莓种质资源丰富，自然分布 13 个种，为 8 个二倍体种和 5 个四倍体种。二倍体草莓中，五叶草莓 (*F. pentaphylla* Lozinsk.) 和中国草莓 (*F. chinensis* Lozinsk.) 为我国的特有种；四倍体草莓种几乎只分布在我国。前期调查研究发现：秦巴山区^[4-6]、云贵高原^[7,8]、东北地区^[9]、西藏与新疆^[10]等区域为我国野生草莓的主要分布区。但是，我国对草莓野生资源的调查分类研究尚不完善，仍未摸清不同草莓种的分布区域及规律，有待开展长远的具有规划性的研究。

本研究依托国家草莓种质资源圃，由中国园艺学会草莓分会发起组织，前后历时 8 年时间（2016-2023 年）对我国的草莓野生资源进行了系统的考察、调研和分类研究，为后续野生资源的研究利用提供了坚实的基础。

1 材料与方法

1.1 考察地点和时间

本研究中的考察地点主要为：（1）当地农业或植物研究科研人员确定的草莓野生资源主要分布区；（2）当地科研人员或农户曾经发现过草莓野生资源但其种属分类需要进一步确定的地点。考察时间主要为野生资源的开花结果时期。具体时间和地点如表 1 所示。

表 1 草莓野生资源考察地点与时间

Table 1 The place and date of the investigation of the wild strawberry resources

考察时间	考察地点	区域编码
Date of investigation	Place of investigation	Area code
2016/05/27-2016/06/02	四川省广元市朝天区	Q1
	四川省巴中市南江县	Q2
	陕西省汉中市南郑县	Q3
	西藏林芝市米林市	Q4
2017/06/23-2017/06/25	云南省楚雄市大姚县	Q5
	云南省大理市洱源县	Q6
	云南省迪庆藏族自治州香格里拉	Q7
2018/05/28-2018/06/01	贵州省毕节市赫章县	Q8
2019/06/29-2019/07/06	黑龙江省哈尔滨市尚志市	Q9
	黑龙江省齐齐哈尔市克山县	Q10
	黑龙江省牡丹江市林口县	Q11

	黑龙江省伊春市友好区	Q12
	吉林省吉林市蛟河市	Q13
	吉林省延边朝鲜族自治州安图县	Q14
2021/06/02-2021/06/11	甘肃省陇南市成县	Q15
	甘肃省陇南市宕昌县	Q16
	甘肃省陇南市康县	Q17
	陕西省汉中市略阳县	Q18
	陕西省汉中市宁强县	Q19
2022/07/07-2022/07/11	云南省曲靖市会泽县	Q20
	云南省丽江市玉龙纳西族自治县	Q21
	云南省怒江傈僳族自治州泸水县	Q22
2023/06/12-2023/06/20	湖北省恩施市利川市	Q23
	湖北省恩施市巴东县	Q24
	湖北省神农架林区	Q25
	河北省保定市涞源县	Q26

1.2 考察设备

根据考察要求，准备考察用品如下：

GPS 定位仪（集思宝 G120BD）：采用 GPS 和北斗双星定位，用于记录样品采集地点的地理位置，包括经纬度和海拔高度。

照相机（SONY NEX-7）：用于记录野生资源的生物学性状，采样地点的生态环境以及考察人员的工作情况等。

手持数显糖度计（Atago PAL-1）：用于检测果实糖度。

手持电子称：用于测定果实单果重。

样品采集数据表：用于记录样品的编号、采集地点、地理位置信息（海拔、经纬度）、种属分类以及特异性状。

样品采集工具：包括园艺铲，标签，样品袋，记号笔。用于采集、标记样品，防止混杂。

毛巾或者吸水纸：用于包裹样品根部，防止失水，保证样品的成活率。

1.3 野外样品采集

样品采集参照郑殿升等^[11]在《农作物种质资源收集技术规程》中描述的草本作物野生资源的采集方法进行，略有修改。具体如下：（1）在考察地点有不同草莓野生种分布时，每个野生种都应采集，并注意区分，尤其当目标对象为雌雄异株时，尽量收集齐全；（2）同一地点只有单一野生种分布时，若形态特征无差异，则根据范围大小选取 1-3 个采集点；（3）具有特异性状的野生资源进行单独收集；（4）暂时无法分辨的野生种质单独收集。样品采集数量以保证成活为准，一般采集 3-5 株。每个样品应做好标记，并在采集数据表中记录详细信息。

1.4 野生草莓性状描述

根据《中国植物志》^[12]中记录的植物分类和方法，对收集的草莓属植物进行性状描述和分类。

2 结果与分析

2.1 考察所获草莓野生资源的种类与数量

本研究从 2016 年至 2023 年期间, 分别在我国四川省、陕西省、西藏自治区、云南省、贵州省、黑龙江省、吉林省、甘肃省、湖北省和河北省的部分草莓野生资源分布区域进行了实地调研, 对当地分布的草莓野生资源种类进行鉴别, 并完成了样本收集及保存。通过调研发现: 在 10 个省份区域, 主要分布有 8 个草莓野生种, 分别为五叶草莓、黄毛草莓、西南草莓、森林草莓、东方草莓、东北草莓、中国草莓和伞房草莓。其中, 五叶草莓、黄毛草莓、森林草莓、东北草莓和中国草莓为二倍体。五叶草莓与森林草莓在野生状态下发现不同果实颜色类型, 五叶草莓具有红果、粉果、白果三种类型, 白果类型为优势种; 森林草莓具有红果、白果两种类型。西南草莓、东方草莓、伞房草莓为四倍体, 全部为雌雄异株, 一般情况在同一地区雌株和雄株均有分布。通过考察收集, 共获得草莓野生资源 172 份, 包括五叶草莓 60 份 (白果类型: 40 份; 红果类型: 7 份; 粉果类型: 13 份); 黄毛草莓 42 份; 西南草莓 29 份, 森林草莓 8 份 (白果类型: 4 份; 红果类型: 4 份), 东方草莓 5 份, 东北草莓 15 份, 中国草莓 10 份, 伞房草莓 3 份, 具体信息如表 2。

表 2 草莓野生资源考察收集名录

Table 2 The list of the wild strawberry resources collected by our investigation

收集区域 ^a	收集资源	收集区域 ^a	收集资源
Collection area	Collected resources	Collection area	Collected resources
Q1	五叶草莓 27 份 ^b , 其中粉果类型 10 份	Q14	东北草莓 6 份
Q2	五叶草莓 9 份, 其中红果类型 1 份; 黄毛草莓 4 份	Q15	五叶草莓 5 份, 其中红果类型 2 份
Q3	五叶草莓 6 份, 其中粉果类型 1 份	Q16	五叶草莓 4 份, 其中红果类型 2 份; 中国草莓 2
Q4	西南草莓 7 份, 黄毛草莓 1 份	Q17	五叶草莓 2 份, 其中粉果类型 1 份
Q5	黄毛草莓 4 份	Q18	五叶草莓 4 份, 其中红果类型 1 份, 粉果类型 1 份
Q6	黄毛草莓 2 份	Q19	五叶草莓 3 份, 其中红果类型 1 份; 黄毛草莓 1 份
Q7	西南草莓 14 份, 黄毛草莓 3 份	Q20	黄毛草莓 1 份
Q8	西南草莓 6 份, 黄毛草莓 4 份	Q21	西南草莓 2 份, 黄毛草莓 1 份
Q9	森林草莓 7 份 ^c , 其中红果类型 3 份; 东方草莓 1 份	Q22	黄毛草莓 2 份
Q10	东北草莓 6 份	Q23	黄毛草莓 2 份
Q11	东方草莓 4 份	Q24	黄毛草莓 3 份
Q12	东北草莓 3 份	Q25	黄毛草莓 14 份, 中国草莓 8 份
Q13	森林草莓 1 份, 为红果类型	Q26	伞房草莓 3 份

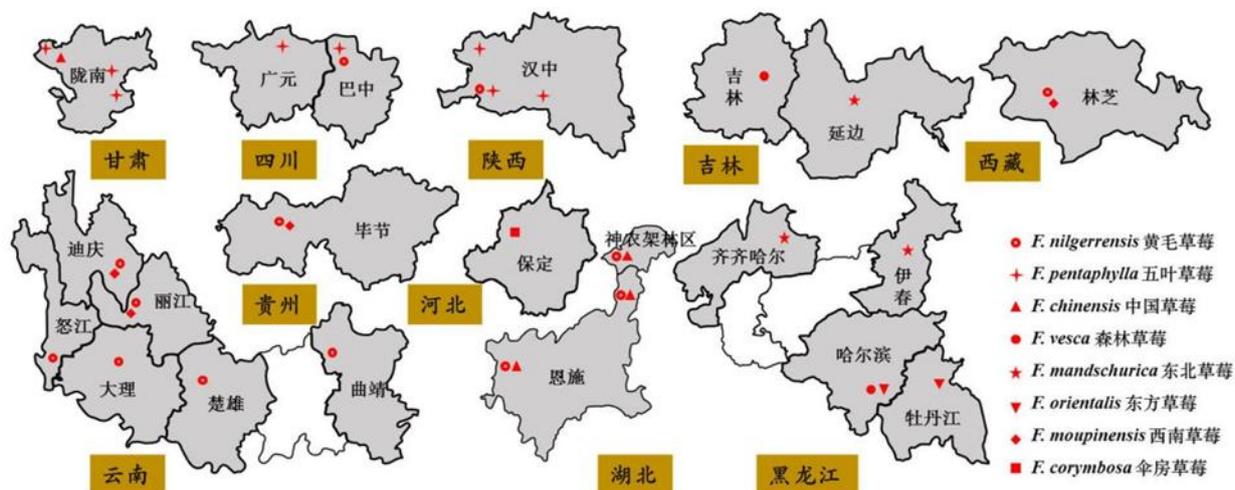
^a收集区域详细信息见表 1; ^b野生状态下, 五叶草莓白果类型为优势种, 因此未进行特殊标注的五叶草莓均为白果类型; ^c森林草莓标注了红果类型的份数, 其余为白果类型

^a the detail information of collected area were showed in Table 1; ^b the white-fruited type of *F. pentaphylla* was dominant in the wild, so the unlabeled numbers of *F. pentaphylla* were white-fruited type; ^c the labeled numbers of *F. vesca* were red-fruited type, the rest were white-fruited type.

2.2 考察所获草莓野生资源的分布分析

对本研究获得的 8 个草莓野生种的分布情况进行分析, 明确其适应性区域及分布特性。总体来说, 本

研究考察区域可划分为四个部分，西部地区主要分布五叶草莓、黄毛草莓、西南草莓、中国草莓四个野生种；华中地区主要分布黄毛草莓、中国草莓两个野生种；华北地区分布伞房草莓一个种；东北地区主要分布东北草莓、森林草莓、东方草莓三个种（图1）。



审图号 GS (2016) 1593 号

图1 考察区域的草莓野生资源分布

Fig 1. Distribution of wild strawberry resources in the investigated areas

从不同野生种的角度来看，黄毛草莓的分布范围最广，在四川、陕西、西藏、湖北、云南和贵州均有分布，适应南亚热带干热河谷季风，暖温带、温带和寒温带季风等多种气候带类型。海拔范围从 1099~3393 m，与五叶草莓、西南草莓、中国草莓均有重叠分布区。五叶草莓主要分在川、陕、甘三省交界地带，海拔范围处于中等高度，为 1041~2415 m。西南草莓主要分布在西藏、云南和贵州的高海拔地区(2597~3393 m)。中国草莓主要分布在甘肃和湖北，海拔范围 1703~1911 m，在甘肃省与五叶草莓重叠分布，在湖北省与黄毛草莓重叠分布。东北地区分布的 3 个种海拔范围均较低，分别为森林草莓 276~420 m，东北草莓 266~806 m，东方草莓 295~407 m。其中，森林草莓和东北草莓在吉林省和黑龙江省均有分布，但本考察未发现重叠分布区域。东方草莓主要分布在黑龙江省，在尚志市同时分布有东方草莓和森林草莓。伞房草莓主要分布在河北省，海拔范围为 1822~1836 m（图1，表3）。

表3 考察收集的不同草莓野生种的海拔分布范围

Table 3 Altitudinal range of different strawberry wild species collected from the investigation

草莓野生种	海拔 (m)	草莓野生种	海拔 (m)
Strawberry wild species	Altitude (m)	Strawberry wild species	Altitude (m)
黄毛草莓 <i>F. nilgerrensis</i>	1099-3393	森林草莓 <i>F. vesca</i>	276-420
五叶草莓 <i>F. pentaphylla</i>	1041-2415	东北草莓 <i>F. mandschurica</i>	266-806
西南草莓 <i>F. moupinensis</i>	2597-3393	东方草莓 <i>F. orientalis</i>	295-407
中国草莓 <i>F. chinensis</i>	1703-1911	伞房草莓 <i>F. corymbosa</i>	1822-1836

2.3 考察所获草莓野生种的性状与特异种质资源

由于野生草莓引种至低海拔，多表现为难以开花结果，因此在原生境进行草莓野生种的性状观察与分类鉴别也是资源考察的重要环节，有助于发现野生资源的特异类型，挖掘研究利用的潜力。对本研究考察收集的8个草莓种进行了形态特征描述及特异类型归纳。

五叶草莓 (*F. pentaphylla* Lozinsk. $2n=2x=14$)，我国特有二倍体草莓种。植株较矮小，株高6-15 cm，新茎分枝能力强。其显著特点是具有羽状五小叶，叶片正面几乎不被绒毛。匍匐茎红色，单轴分枝。花序高于叶面，雄蕊高于雌蕊。在本研究考察地区，花期一般为4-5月，果期5-6月。果实存在白色、红色、粉色三种类型，卵圆形或椭圆形，白果类型为优势类型，风味更浓，具有香味。考察调研发现了大果类型、芳香类型（一般表现为白果带有果颈）及顶部多叶类型等特异种质（图2 A-D）。

黄毛草莓 (*F. nilgerrensis* Schlecht. $2n=2x=14$)，二倍体野生草莓种。植株较高，约12-18 cm，生长势强，叶柄及匍匐茎均粗壮。叶、叶柄、匍匐茎、花梗布满绒毛，匍匐茎红色，合轴分枝。花瓣卵圆形，分离着生。果实白色，部分类型果面伴有红晕，圆球形，有香味，另有俗称“香泡儿”。花期在不同分布区域差异较大，为5-7月。考察发现：不同区域黄毛草莓成熟期差异显著，在四川省巴中市5月底果实已经成熟，而云南省楚雄市7月底才开始结果。同时，在神农架林区发现了桃香味极为突出的黄毛草莓资源（图2 E, F）。

森林草莓 (*F. vesca* L. $2n=2x=14$)，为世界范围内分布最广泛的二倍体草莓种，草莓属模式植物。植株较矮，全株绒毛少。叶正面近无毛，背面具紧贴绒毛。匍匐茎合轴分枝，存在不易发生匍匐茎类型。花瓣倒卵圆形，前端具缺刻，花丝平或者低，萼片平展微反折。果实圆锥形，种子凸，具有红果、白果两种类型。本研究中，在黑龙江省尚志市，发现大片森林草莓红、白果混生区，均为易抽生匍匐茎种质资源，且白果类型具有特殊香味（图2 G-I）。

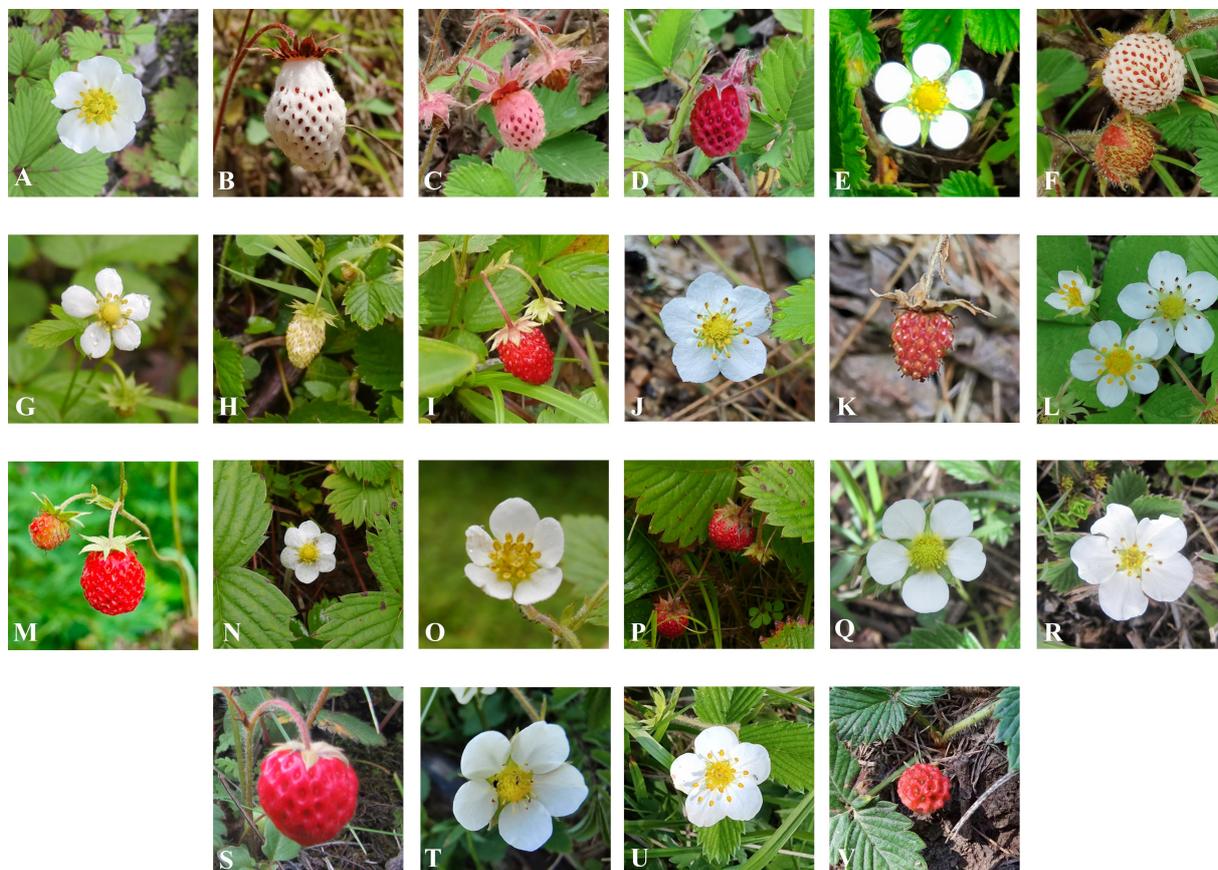
东北草莓 (*F. mandschurica* Staudt. $2n=2x=14$)，。植株较高，全株绒毛多。羽状三小叶，叶柄有直立绒毛。新茎多，匍匐茎合轴分枝。花瓣稍叠生或离生，花丝高于雌蕊，单花序花朵较多。果实为红色，果肉白色，种子黄绿色，常凸于果面。通过考察在黑龙江省收集到了果实芳香的东北草莓资源（图2 J, K）。

中国草莓 (*F. chinensis* Lozinsk. $2n=2x=14$)，我国特有的二倍体草莓种。植株纤细，羽状三小叶，叶柄无毛或极稀疏。匍匐茎单轴分枝。花瓣稍叠生或离生，每个花序2~6朵花。果实红色，球形，宿存萼片平展。种子凹于果面。在神农架林区考察获得了植株高大、果实也较大的中国草莓特异种质（图2 L, M）。

东方草莓 (*F. orientalis* Lozinsk. $2n=4x=28$)，四倍体草莓种。株高中等，叶背面常紫红色，三小叶近无柄或仅中心小叶具极短的柄。匍匐茎合轴分枝。花序高于叶面，花瓣叠生，雌雄异株。果实半球形，有香味。本研究考察分别收集到了雌、雄株，鉴定出果实风味好的东方草莓资源，可用于品质性状研究及遗传改良（图2 N-P）。

西南草莓 (*F. moupinensis* (Franch.) Card. $2n=4x=28$)，我国特有四倍体草莓种。植株极矮小~较高大。羽状五小叶或三小叶，下部的两小叶要小一些（注意与五叶草莓的区分）。叶片正面被有稀疏直立的绒毛，背面的绒毛紧贴。匍匐茎红色，绒毛向前紧贴，单轴分枝。随着海拔的升高，绒毛会变稀少。单个花序花朵较少为1-4朵，雌雄异株。果实红色，萼片紧贴果实，种子凹陷。考察过程中，在西藏获得了绒毛稀少的种质类型；在云南发现了长果形种质；在贵州发现了植株较为高大的特异种质（图2 Q-S）。

伞房草莓 (*F. corymbosa* Losinsk. $2n=4x=28$)，我国特有四倍体草莓种。植株较高，15 cm 左右。多为羽状三小叶，叶正面几乎无绒毛。匍匐茎为红色，较细，被有直立绒毛，单轴分枝。花序高于叶面，花瓣重叠，雌雄异株。果实卵形，萼片平展或者反折，种子凹于果面。本研究中只在河北省考察发现，分别收集获得了雌、雄株 (图 2 T-V)。



A: 五叶草莓-花; B: 五叶草莓-白果类型; C: 五叶草莓-粉果类型; D: 五叶草莓-红果类型; E: 黄毛草莓-花; F: 黄毛草莓-果; G: 森林草莓-花; H: 森林草莓-白果类型; I: 森林草莓-红果类型; J: 东北草莓-花; K: 东北草莓-果; L: 中国草莓-花; M: 中国草莓-果; N: 东方草莓-雌花; O: 东方草莓-雄花; P: 东方草莓-果; Q: 西南草莓-雌花; R: 西南草莓-雄花; S: 西南草莓-果; T: 伞房草莓-雌花; U: 伞房草莓-雄花; V: 伞房草莓-果

A: *F. pentaphylla*-Flower; B: *F. pentaphylla*-White-fruited type; C: *F. pentaphylla*-Pink-fruited type; D: *F. pentaphylla*-Red-fruited type; E: *F. nilgerrensis*-Flower; F: *F. nilgerrensis*-Fruit; G: *F. vesca*-Flower; H: *F. vesca*-White-fruited type; I: *F. vesca*-Red-fruited type; J: *F. mandshurica*-Flower; K: *F. mandshurica*-Fruit; L: *F. chinensis*-Flower; M: *F. chinensis*-Fruit; N: *F. orientalis*-Pistillate flower; O: *F. orientalis*-Staminate flower; P: *F. orientalis*-Fruit; Q: *F. moupinensis*-Pistillate flower; R: *F. moupinensis*-Staminate flower; S: *F. moupinensis*-Fruit; T: *F. corymbosa*-Pistillate flower; U: *F. corymbosa*-Staminate flower; V: *F. corymbosa*-Fruit

图 2 考察收集的不同草莓野生种的花、果实原生境形态特征

Fig.2 Morphological characteristics of flowers and fruits in their native habitat of different strawberry wild species collected by our investigation

3 讨论

对野生草莓的收集、分类和利用最早开始于欧洲。14 世纪，法国人就在庭院中种植野生的森林草莓用于观赏和食用。到 17 世纪初，欧洲的野生草莓实现了规模化种植，同时开启了关于草莓分类、形态和栽培管理等方面的研究^[13]。在草莓属植物分类学方面，德国学者 Staudt 的研究最具代表性，1989 年他通过对来自全世界的 500 份野生资源样本进行研究，认为草莓属约包含 20 个种，已经十分接近目前普遍认为的 25

个种^[1]。欧美国家一直重视野生草莓的收集、分类与保存。其中 Staudt 教授的资源圃中收集保存草莓野生资源 519 份，主要为欧洲分布的野生种^[14]。现今保存草莓种质资源最多的是位于美国俄勒冈州的美国国家草莓种质资源圃，收集保存了草莓属 60 个类群，2023 份资源^[15]。我国从 1981 年成立国家草莓种质资源圃（北京、南京）后，开启了系统性的草莓种质资源收集、保存与评价工作。目前，两个圃保存草莓属种质资源 1000 余份，涵盖了属内 23 个种。同时，为了更加深入了解我国草莓属植物的分类及分布规律，针对性地开展资源考察研究。本研究中，在我国 10 个省 26 个县域收集到了 8 个种 172 份资源，并对分布规律进行了分析，对我国种质资源研究有极大地促进。但是我国地形、气候复杂，考察工作也并不全面，据文献报道，这些区域还可能分布纤细草莓（*Fragaria gracilis*）、裂萼草莓（*Fragaria daltoniana*）、西藏草莓（*Fragaria nubicola*）等野生种^[5,9,10]，还有待于进一步的探索。随着国家对种业发展和种质资源研究的重视，越来越多的科研工作者加入到野生资源的收集研究中^[6,16-17]，相信未来的种质资源研究将会有新的进展和突破。

在野生草莓利用方面，最初主要应用于观赏、鲜食和加工。在欧美国家，至今还有森林草莓和智利草莓等野生草莓的栽培，供应鲜食和甜品加工市场，由于野生草莓的独特香气、风味和营养价值，受到了消费者的欢迎^[18-20]。我国野生草莓规模化栽培较少，但在资源丰富的地区，当地居民也直接采食果实，有的还用于加工罐头、果酒等^[4,6]。通过考察，发现在陕西略阳、宁强等地，当地居民借助新媒体手段进行野生草莓加工产品的宣传和销售，将其发展成为当地的特色产业。但由于自觉自发、就地取材的模式，可能会造成除特定种群外其他种群的退化和丢失。因此，种质资源的开发利用应该在科学的指导下，走高效、可持续的发展道路。

近年来，大数据和生物技术不断发展，对野生草莓种质资源的研究日益深入，成为了资源有效利用的重要依据。森林草莓作为栽培草莓的祖先之一，最早完成了基因组的解析，并作为模式植物建立了遗传转化、基因编辑等技术体系，为草莓属植物的遗传学和分子生物学研究提供了有效参考^[21]。2019 年，首个栽培草莓基因组发布，开启了草莓属植物研究的新阶段^[22]。进入“十三五”，国家将种质资源的精准鉴定作为重要攻克方向。国内学者从细胞器基因组、转录组、全基因组多个维度，对草莓属植物的起源、进化、特征性状开展了研究^[23-25]。目前，我国自然分布的二倍体种均已完成基因组解析，四倍体种西南草莓和伞房草莓也获得了全基因组序列^[26-29]。这些成果加深了我们对草莓属种群结构、性别分化及性状形成的理解，指导我们精准利用种质资源。野生资源的利用实践之一是远缘杂交育种，将野生草莓的香味、抗性、果色等优异性状引入栽培品种。日本利用二倍体黄毛草莓与凤梨草莓杂交，再进行染色体加倍处理，育成草莓品种‘桃薰’，成功引入了黄毛草莓的桃香味及白色果肉性状^[30]。我国的草莓远缘杂交育种也在持续开展，成功获得了表现优良的种间育种材料，为突破性新种质的推出奠定了基础^[31]。综上，在草莓属野生资源的收集、保存和科学利用方向持续开展深入研究，将为我国草莓种业创新和产业发展提供强大的推动力。

参考文献

- [1] Staudt G. The species of *Fragaria*, their taxonomy and geographical distribution. *Acta Horticulturae*, 1989, 265: 23-33
- [2] Hummer K E, Bassil N, Njuguna W. *Fragaria*. In: Kole C, ed. *Wild crop relatives: genomics and breeding resources*. Berlin: Springer, 2011: 17-44
- [3] 雷家军, 薛莉, 代汉萍, 邓明琴. 世界草莓属 (*Fragaria*) 植物的种类与分布. *草莓研究进展 IV*. 北京: 中国农业出版社, 2015: 364-375
- Lei J J, Xue L, Dai H P, Deng M Q. Study on taxonomy of strawberry genus *Fragaria* in the world. *Advances in Strawberry Research IV*. Beijing: China

Agricultural Press, 2015: 364-375

- [4] 晁无疾, 钟新. 秦巴山区野生草莓资源及其研究. 作物品种资源, 1988, 4: 3-5
- Chao W J, Zhong X. Study on wild strawberry resources in Qinba mountain area. Crop Variety Resources, 1988, 4: 3-5
- [5] 李洪雯, 刘建军, 何健, 关斌, 王建辉, 李旭锋, 陈克玲. 四川及其周边地区野生草莓资源调查、收集与评价. 植物遗传资源学报, 2012, 13(6): 946-951
- Li H W, Liu J J, He J, Guan Bin, Wang J H, Li X F, Chen K L. Investigation and collection and evaluation on wild strawberry resources in Sichuan and neighboring regions. Journal of Plant Genetic Resources, 2012, 13(6): 946-951
- [6] 郭瑞雪, 程远毅, 席辉, 薛莉, 雷家军, 王连君. 陕西汉中秦岭南麓野生草莓资源调查与分类研究. 植物遗传资源学报, 2022, 23(5): 1393-1399
- Guo R X, Cheng Y Y, Xi H, Xue L, Lei J J, Wang L J. Investigation and taxonomy of wild *Fragaria* resources in the south of Qinling Mountain in Hanzhong city, Shaanxi province of China. Journal of Plant Genetic Resources, 2022, 23(5): 1393-1399
- [7] Yang J Y, Su D F, Wei S J, Chen S Y, Luo Z W, Shen X M, Zhang Z R, Jamil A, Tong J Y, Cui X L. Current and future potential distribution of wild strawberry species in the biodiversity hotspot of Yunnan Province, China. Agronomy, 2020, 10: 7
- [8] 杨礼旦, 陈应强. 贵州台江县野生果树植物资源调查与分析. 温带林业研究, 2021, 4(4): 31-36
- Yang L D, Chen Y Q. Investigation and analysis of wild plant fruit trees in Taijiang county. Journal of Temperate Forestry Research, 2021, 4(4): 31-36
- [9] 雷家军, 代汉萍, 谭昌华, 邓明琴, 赵密珍, 钱亚明. 中国草莓属 (*Fragaria*) 植物的分类研究. 园艺学报, 2006, 33 (1): 1-5
- Lei J J, Dai H P, Tan C H, Deng M Q, Zhao M Z, Qian Y M. Studies on the taxonomy of the strawberry (*Fragaria*) species distributed in China. Acta Horticulturae Sinica, 2006, 33 (1): 1-5
- [10] Guo R X, Li Xue L, Luo G J, Zhang T C, Lei J J. Investigation and taxonomy of wild *Fragaria* resources in Tibet, China. Genetic Resources and Crop Evolution, 2018, 65(2): 405-415
- [11] 郑殿升, 刘旭, 卢新雄. 农作物种质资源收集技术规程. 北京: 中国农业出版社, 2007: 1-21
- Zheng D S, Liu X, Lu X X. Technical specification for collection of crop germplasm resources. Beijing: China Agricultural Press, 2007: 1-21
- [12] 中国科学院植物志编辑委员会. 中国植物志: 第 37 卷. 北京: 科学出版社, 1985: 350-357
- The CAS committee of the flora of China. The Flora of China: Vol.37. Beijing: Science Press. 1985: 350-357
- [13] Darrow G M. The Strawberry: History, Breeding and Physiology. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1966
- [14] Olbricht K. *Fragaria* germplasm: the "Professor Staudt collection". Acta Horticulturae, 2017, 1156: 209-213
- [15] USDA, Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System. 2024. Germplasm Resources Information Network (GRIN Taxonomy). National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland.
- [16] 吴郁, 张姗姗, 李元会, 李媛蓉, 红英, 格桑平措, 曾秀丽. 148 份西藏野生草莓种质资源的表型遗传多样性分析. 西藏农业科技, 2020, (z1): 25-30
- Wu Y, Zhang S S, Li Y H, Li Y R, Hong Y, Gesangpingcuo, Zeng X L. Genetic diversity analysis of 148 wild strawberry germplasm resources in Tibet. Tibet Journal of Agricultural Sciences, 2020, (z1): 25-30
- [17] 于海燕, 冯嘉玥, 文颖强. 秦巴山区野生草莓种质资源调查及分类研究. 陕西农业科, 2024, 70(9): 1-9
- Yu H Y, Feng J Y, Wen Y Q. Investigation and classification of wild strawberry germplasm resources in Qinba Mountain area. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2024, 70(9): 1-9
- [18] Chambers A, Moon P, Fu Y Q, Choiseul J, Bai J H, Plotto A, Baldwin E. Yield and fruit quality of sixteen *Fragaria vesca* accessions grown in southern Florida. HortScience, 2018, 53(10): 1396-1403
- [19] Elisha W J, Oladimeji Y U, Ugbabe O O. Analysis of gender differential in production efficiency and constraints in strawberry (*Fragaria chiloensis*) production in Plateau State, Nigeria. African Journal of Agriculture, 2020, 9(1): 174-84
- [20] Giordani E, Bini L, Bonetti D, Petrucci W A, Masciandaro G, Chini G, Nin S. Effect of innovative sediment-based growing media on fruit quality of wild strawberry (*Fragaria vesca* L.). Sustainability, 2023, 15: 7388
- [21] Zhou J H, Wang G M, Liu Z C. Efficient genome editing of wild strawberry genes, vector development and validation. Plant Biotechnology Journal, 2018, 16(11): 1868-1877
- [22] Edger P P, Poorten T J, VanBuren R, Hardigan M A, Colle M, McKain M R, Smith R D, Teresi S J, Nelson A D L, Wai C M, Alger E I, Bird K A, Yocca A E, Pumplun N, Ou S J, Ben-Zvi G, Brodt A, Baruch K, Swale T, Shiue L, Acharya C B, Cole G S, Mower J P, Childs K L, Jiang N, Lyons E, Freeling M, Puzey J R, Knapp S J. Origin and evolution of the octoploid strawberry genome. Nature Genetics, 2019, 51(3): 541-547
- [23] Qiao Q, Xue L, Wang Q, Sun H, Zhong Y, Huang J L, Lei J J, Zhang T C. Comparative transcriptomics of strawberries (*Fragaria* spp.) provides insights into

evolutionary patterns. *Frontiers in Plant Science*, 2016, 7: 1839

- [24] Sun J, Sun R, Liu H B, Chang L L, Li S T, Zhao M Z, Shennan C, Lei J J, Dong J, Zhong C F, Xue L, Gao Y S, Wang G X, Zhang Y T. Complete chloroplast genome sequencing of ten wild *Fragaria* species in China provides evidence for phylogenetic evolution of *Fragaria*. *Genomics*, 2021, 113(3): 1170-1179
- [25] Jin X, Du H Y, Zhu C M, Wan H, Liu F, Ruan J W, Mower J P, Zhu A D. Haplotype-resolved genomes of wild octoploid progenitors illuminate genomic diversifications from wild relatives to cultivated strawberry. *Nature Plants*, 2023, 9: 1252-1266
- [26] Qiao Q, Edger P P, Xue L, Qiong L, Lu J, Zhang Y C, Cao Q, Yocca A E, Platts A E, Knapp S J, Van Montagu M, Van de Peer Y, Lei J J, Zhang T C. Evolutionary history and pan-genome dynamics of strawberry (*Fragaria* spp.). *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2021, 118(45): e2105431118
- [27] Feng C, Wang J, Harris A J, Folta K M, Zhao M Z, Kang M. Tracing the diploid ancestry of the cultivated octoploid strawberry. *Molecular Biology and Evolution*, 2021, 38(2): 478-485
- [28] Sun R, Li S T, Chang L L, Dong J, Zhong C F, Zhang H L, Wei L Z, Gao Y S, Wang G X, Zhang Y T, Sun J. Chromosome-level genome assembly of *Fragaria pentaphylla* using PacBio and Hi-C technologies. *Frontiers in Genetics*, 2022, 13: 873711
- [29] Lin H Y, Chen L X, Cai C N, Ma J X, Li J M, Ashman T, Liston A, Dong M. Genomic data provides insights into the evolutionary history and adaptive differentiation of two tetraploid strawberries. *Horticulture Research*, 2024, 11(9): 194
- [30] Noguchi Y, Morishita M, Muro T, Kojima A, Sakata Y, Yamada T, Sugiyama K. 'Tokun': a new aromatic decaploid interspecific hybrid strawberry. *Bulletin of the National Institute of Vegetable & Tea Science*, 2011, 10: 59-67
- [31] Luo G J, Xue L, Guo R X, Ding Y, Xu W J, Lei J J. Creating interspecific hybrids with improved cold resistance in *Fragaria*. *Scientia Horticulturae*, 2018, 234: 1-9