

## 党参属种质资源多样性及可药用种质创新研究进展

王红燕, 陈垣\*, 郭凤霞, 梁伟, 董鹏斌, 程嘉丽

甘肃农业大学农学院, 生命科学技术学院, 干旱生境作物学国家重点实验室, 甘肃 兰州 730070

**摘要:** 桔梗科党参属 *Codonopsis* 植物全球约 40 种,《中国药典》2020 年版仅收录党参、素花党参和川党参。党参属野生药用植物资源稀少,药材以栽培品为主。因党参需求量大,连作重茬较为普遍,种子种苗流通及全球气候变暖交融因素加速了党参种质资源性状多元化,种性混杂退化使党参根部病害加重、产量和质量降低,严重制约党参大健康产业的可持续化发展。通过文献查阅,在资源调查和田间试验基础上,对党参属植物分布、多样性、种质提纯及创新现状进行系统概述,旨在引导党参资源利用和加快新品种选育进程。

**关键词:** 党参; 种质资源; 鉴定; 种质创新; 品种选育

中图分类号: R282 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2024)03-0978-11

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.03.028

## Research progress on diversity of *Codonopsis* genus resources and innovation of medicinal germplasm

WANG Hongyan, CHEN Yuan, GUO Fengxia, LIANG Wei, DONG Pengbin, CHENG Jiali

State Key Laboratory of Aridland Crop Science, School of Life Science and Technology, School of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China

**Abstract:** There are about 40 species of *Codonopsis* genus in the family Platycodonaceae worldwide. The *Chinese Pharmacopoeia* only includes Dangshen (*Codonopsis pilosula*), Suhua Dangshen (*Codonopsis pilosula* var. *modesta*), and Chuandangshen (*Codonopsis tangshen*). *Codonopsis* genus wild medicinal resources are scarce, and Dangshen (*Codonopsis Radix*) is mainly cultivated. Due to the high demand for *Codonopsis Radix*, continuous cropping and heavy cropping are more common. Seedling circulation and global warming have accelerated the diversification of traits in the resources of *Codonopsis Radix*. Mixed and degraded species lead to increase the root diseases, and reduce yield and quality of *Codonopsis Radix*, which seriously restrict the sustainable development of the health industry of *Codonopsis Radix*. This paper provides a systematic overview of the distribution, diversity, germplasm purification and innovation status of *Codonopsis* genus based on a literature review, resource investigation and field trials, aiming at guiding the use of resources and accelerating the process of selection and breeding of new varieties.

**Key words:** *Codonopsis Radix*; germplasm resources; identification; germplasm innovation; variety breeding

党参 *Codonopsis Radix* 为桔梗科多年生草本药用植物党参 *Codonopsis pilosula* (Franch) Nannf.、素花党参 *C. pilosula* Nannf. var. *modesta* (Nannf.) L. T. Shen 或川党参 *C. tangshen* Oliv. 的干燥根<sup>[1]</sup>。《本草从新》《得配本草》及《本草便读》等著作均有党参入药记载,《中国药典》1963 年版就已将党参收录

其中<sup>[2]</sup>。党参中含有党参多糖、党参炔苷、苍术内脂 III、紫丁香苷及氨基酸等多种生物活性和营养成分<sup>[3]</sup>。具有增强机体免疫力、抗氧化、抗疲劳<sup>[4]</sup>、抗肿瘤<sup>[5]</sup>、抗菌、抗病毒<sup>[6]</sup>等作用。除具有较高药用价值外,党参还具有滋补价值<sup>[7]</sup>,在我国南部和部分东南亚国家也被用作食物原料,如茶、酒、汤

收稿日期: 2023-07-11

基金项目: 道地中药材优势特色产业集群良种繁育(2022GSCYJQ07-33); 2021 年省级现代丝路寒旱中药材产业发展项目(2130122); 2023 年甘肃省研究生“创新之星”项目(2023CXZX-649); 甘肃省青年科技基金项目(23JRRA1444); 甘肃省教育厅-青年博士支持项目(2023QB-125); 国家重点研发计划(2018YFC1706301); 甘肃省农业农村厅-甘肃省中药材产业体系首席专家项目(GARS-ZYC-1)

作者简介: 王红燕(1995—),女,博士研究生,研究方向为药用植物资源与利用。E-mail: 925233480@qq.com

\*通信作者: 陈垣(1963—),男,教授,博士生导师,从事药用植物资源与利用研究。E-mail: chenyan@gsau.edu.cn

和粥<sup>[8]</sup>。中国、日本、朝鲜、韩国和美国等国家也将党参作为野生蔬菜食用<sup>[8]</sup>。

党参的道地产区主要分布于我国西北干旱、半干旱地区，甘肃省定西市渭源、陇西、漳县、岷县及陇南市宕昌县一带主栽党参，药材为“白条党”<sup>[9]</sup>。近年来，党参药材市场需求增加，野生党参资源无法满足市场需求，市售党参以栽培品为主<sup>[10-11]</sup>，栽培品主要为农家地方品种杂合群体。在育苗移栽过程中种植区域间的相互引种调种和全球气候变暖等因素交融加速了党参种质资源性状多元化，导致栽培种种性混杂退化，病虫害害多发，根部病害加重，道地性减弱，党参药材质量参差不齐<sup>[12]</sup>，严重制约了党参大健康产业的可持续化发展。种质资源性状的鉴定和优异种质的创制研究已经成为党参产业发展的根本出路。本文在文献查阅和第4次全国中药资源普查基础上，通过田间调查和走访，分析党参种质资源的分布、多样性研究进展及新品种选育进展，探讨党参种质资源多样性及种质创新途径，旨在为党参品种鉴定、种质创新、质量提升提供参考，引导加快党参新品种选育进程。

### 1 党参种质资源现状

我国党参属植物种质资源非常丰富，对其种质资源现状分析有助于开发、鉴定、保护利用现有党

参种质资源，为党参新品种选育提供基础。

#### 1.1 党参种质资源分布

全球约有党参属植物 40 种，我国境内约有党参属植物 39 种，其中有濒危种 1 种（银背叶党参），近危种 8 种，易危种 7 种。除《中国药典》2020 年版收载的党参、素花党参和川党参外，党参属其他植物的根也具有药用价值，如管花党参、球花党参、灰毛党参、新疆党参等<sup>[13]</sup>。由表 1 可知，党参属植物多分布在海拔 1 500~3 500 m 的山地林边，云南分布种类多达 20 种，西藏和四川各分布 18 种，甘肃分布 7 种，青海和陕西各分布 5 种，其余地区分布较少；党参属植物党参分布涉及在 14 个省份，轮叶党参在 10 个省份有分布，绿花党参在 7 个省份有分布，川党参在 6 个省份有分布，其余党参分布范围较小，有的仅为某区域特有种，如藏南党参、唐松草党参和西藏党参为西藏地区特有种。在所有党参属植物中，党参应用最为广泛，其次为素花党参和川党参，其他党参属植物应用虽不广泛，但其性状各具特色，为宝贵的党参种质资源。因此需要增强对党参属野生植物资源，尤其濒危种、近危种、易危种及地方特有物种的保护意识，可在云南、西藏、四川、甘肃、陕西等濒危种、近危种、易危种分布较多区域建立党参属野生种质资源圃，维持党参种质资源多样性。

表 1 党参属植物资源分布

Table 1 Resources distribution of genus *Codonopsis* plants

党参属植物	拉丁学名	中国分布地区	海拔/m	注释	文献
党参	<i>C. pilosula</i> (Franch.) Nannf.	西藏、四川、云南、山西等地	1 800~2 900		1,4,14
党参	<i>C. pilosula</i> var. <i>pilosula</i>	西藏、四川、云南、甘肃、陕西、宁夏、青海、河南、山西、河北、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁	1 560~3 100	原变种	1,15
素花党参	<i>C. pilosula</i> var. <i>modesta</i> (Nannf.) L. T. Shen	四川、青海、甘肃、陕西、山西	1 500~3 200	变种	1,15-16
缠绕党参	<i>C. pilosula</i> var. <i>volubilis</i> (Nannf.) L. T. Shen	四川、山西	1 800~2 900	变种	15,17-18
闪毛党参	<i>C. pilosula</i> var. <i>handeliana</i> (Nannf.) L. T. Shen	云南、四川	2 300~3 600	变种	14-15
川党参	<i>C. tangshen</i> Oliv.	陕西、湖南、湖北、四川、重庆、贵州	900~2 300		18
大叶党参	<i>C. affinis</i> Hook. f. & Thomson	西藏（聂拉木）	2 300~3 200	近危	15,19
土党参	<i>C. micrantha</i> Chipp	云南、四川	1 950~2 600		18,20
二色党参	<i>C. bicolor</i> Nannf.	西藏、云南、四川、青海、甘肃	3 100~4 200		17,19,21
高山党参	<i>C. alpina</i> Nannf.	云南、西藏	—		14,22
光萼党参	<i>C. levicalyx</i> L. T. Shen	四川	2 800~3 200		14,23
银背叶党参	<i>C. argentea</i> P. C. Tsoong	贵州	2 250~2 300	濒危	14,18-19,24
管钟党参	<i>C. bulleyana</i> Forrest ex Diels	四川、云南、西藏	3 300~4 200		17,25-28

表 1 (续)

党参属植物	拉丁学名	中国分布地区	海拔/m	注释	文献
灰毛党参	<i>C. canescens</i> Nannf.	青海、四川、西藏	3 000~4 200	藏药	17,22-23,29
光叶党参	<i>C. cardiophylla</i> Diels ex Kom.	山西、陕西、湖北、四川	2 000~2 900	易危	19,24,30
滇缅党参(缅甸党参)	<i>C. chimiliensis</i> Anthony	云南	3 600~4 300		15
绿钟党参	<i>C. chlorocodon</i> C. Y. Wu	四川、云南	2 700~3 700	近危	17,19,31
新疆党参	<i>C. clematidea</i> (Schrenk) C. B. Clarke	新疆、西藏	1 700~2 500		17,23,32-33
鸡蛋参	<i>C. convolvulacea</i> Kurz	云南、四川	1 000~3 000		18,24
心叶党参	<i>C. cordifolioidea</i> P. C. Tsoong	云南(福贡)	—	近危	15,19
三角叶党参	<i>C. deltoidea</i> Chipp	四川、甘肃	1 800~2 800	近危	17,19
珠峰党参	<i>C. dicentrifolia</i> (C. B. Clarke) W. W. Smith	西藏(珠穆朗玛峰北坡)	2 700~3 300		14-15,23
秃叶党参	<i>C. farreri</i> Anthony	云南(高黎贡山)	3 600~4 000		34
臭党参	<i>C. foetens</i> Hook. f. & Thomson	西藏南部(亚东、错那、林芝、波密)、 甘肃(夏河、玛曲)	3 900~4 600		23,35
贡山党参	<i>C. gombalana</i> C. Y. Wu	云南西北部(贡山)	3 000~3 600	易危	15,19
川鄂党参	<i>C. henryi</i> Oliv.	四川、湖北、甘肃	—		31,35
台湾党参	<i>C. kawakamii</i> Hayata	台湾	—		15
轮叶党参(羊乳)	<i>C. lanceolata</i> (Siebold & Zucc.) Trautv.	北京、河北、山西、山东、河南、安徽、 江苏、浙江、湖南、湖北、福建	<1 000		18,24,36
光萼党参	<i>C. levicalyx</i> L. T. Shen	四川	2 800~3 200		15,23
珠鸡斑党参	<i>C. meleagris</i> Diels	云南	3 000~4 000	近危	17,19,37
脉花党参	<i>C. nervosa</i> (Chipp) Nannf.	四川、西藏、青海、甘肃	3 300~4 500		17,22-23,38
紫花党参	<i>C. purpurea</i> Wall. in Roxb.	云南、西藏(聂拉木)	2 000~3 300	易危	19,23
莲座状党参	<i>C. rosulata</i> W. W. Smith	四川	2 600~3 000	近危	19,31
球花党参	<i>C. subglobosa</i> W. W. Sm.	四川、云南	2 500~3 500	近危	17,37
抽葶党参	<i>C. subscaposa</i> Kom.	四川、云南	2 500~4 200		17,37
藏南党参	<i>C. subsimplex</i> Hook. f. & Thomson	西藏	2 900~3 300	易危	19,23
唐松草党参	<i>C. thalictrifolia</i> Wall.	西藏	3 600~5 300		39
秦岭党参	<i>C. tsinglingensis</i> Pax et Hoffm.	陕西、甘肃、四川	—	易危	17,19,30,40
管花党参	<i>C. tubulosa</i> Kom.	贵州、四川、云南、西藏	1 900~3 000		17-18,24
雀斑党参	<i>C. ussuriensis</i> (Rupr. & Maxim.) Hemsl.	黑龙江、吉林	300~800	近危	15,19,41
绿花党参	<i>C. viridiflora</i> Maxim.	陕西、宁夏、甘肃、青海、四川、云南、 西藏	3 000~4 000		17,30,35
长叶党参	<i>C. longifolia</i> D. Y. Hong	西藏南部(聂拉木)	3 600~3 700	易危	15,19,23
大萼党参	<i>C. macrocalyx</i> Diels	西藏、云南、四川	2 800~3 700		23,30,38
西藏党参	<i>C. xizangensis</i> D. Y. Hong	西藏(错那)	3 700~4 000	易危	19

“—”指未找到相关文献记载。

“—” refers to absence of relevant literature records.

## 1.2 党参药材商品分布

中华人民共和国卫生部颁布的《七十六种药材商品规格标准》(1984)<sup>[42]</sup>中将党参药材按商品规格分为条党、西党、东党、台党、潞党5类,其产地及基

原见表2<sup>[31,43-44]</sup>。党参药材因其基原植物分布区域广,造成质量参差不齐,差异较大。山西潞党在历史上被认为是质量最优的党参,后来甘肃纹党、湖北板桥党、陕西凤党也被纳入道地药材的行列<sup>[10]</sup>。近年

表 2 党参商品分类分布

Table 2 Commodity classification distribution of *Codonopsis Radix*

药材名称	基原植物	产地
条党	川党参	四川北部及东部、贵州北部、湖南西北部、湖北西部及陕西南部；板桥党：湖北恩施市板桥镇；单枝党：四川东部
西党	素花党参	四川西北部、青海、甘肃及陕西南部至山西中部；纹党：甘肃文县；晶党：四川平武；凤党：陕西凤县；刀党：四川九寨沟县
东党	党参	凤城、通化、尚志、五常等地野生或栽培
台党	党参	山西五台山野生种
潞党	党参	山西

来，甘肃中药材产业发展迅猛，白条党、纹党的种植面积及产量已位居全国之首，成为我国党参主产区。2001年渭源县被我国特产之乡推荐暨宣传活动组委会命名为“中国党参之乡”<sup>[45]</sup>。2019年，黄璐琦等<sup>[46]</sup>将党参药材按商品重新分为潞党参、白条党参、纹党参、板桥党参4种规格。各规格党参药材各具特点，如潞党参具有“狮子头、蛇身、凤尾、菊花心”的特点，白条党参具有“蛇形根头、条长直、色白质重”的特点，纹党参具有“细密横纹裹根体，狮子盘头菊花心，身长粗壮肉质厚，味清甜润嚼无渣”的特点，板桥党参具有“泥鳅头、笔杆形、鸡皮皱、糙米色、菊花心、气清香”的特点。

## 2 党参种质资源遗传多样性

种质资源遗传多样性是种质资源鉴定、遗传资源保存和育种方案设计的基础<sup>[47]</sup>。研究党参的遗传性状，有益于剖析种质资源的遗传学，探索优质基因，开发新品种，促进党参种质资源的可持续利用。

## 2.1 形态多样性

形态指植物的外在表型性状，是植物随生长环境变化的表现结果。赵凌云<sup>[48]</sup>和赵江燕等<sup>[49]</sup>对“潞党参”及常用商品党参药材进行性状鉴别发现，潞党根头下具较少环纹；条党表面有纵沟且木部较少，约占党参全长1/3；台党具有“狮子盘头”特征，其和西党都具有约占党参全长1/2的致密环纹；白条党全身黄白色，根头处现绳孔状。李国梅<sup>[50]</sup>对不同商品党参比较分析认为，甘肃纹党、四川刀党、陕西凤党和山西台党“狮子盘头”特征显著，甘肃白条党无“狮子盘头”特征，但其都具有2~3个分支。李达<sup>[51]</sup>对党参、素花党参和川党参表型性状比较分析发现，党参“狮子盘头”特征显著，素花党参表面环状横纹显著，川党参表面不规则纵沟显著。除了根部性状差异显著外，种子表型性状也具有差异。陈可纯等<sup>[52]</sup>分析比较发现素花党参种子表面有细长的指纹状纹理，种皮细胞梭形或长条形，川党参种子表面有大量网状纹饰，排列较为整齐，种皮细胞细柱状。各商品党参药材性状鉴别见表3，性状特征见图1。

表 3 不同商品党参药材表型差异

Table 3 Phenotypic differences of different *Codonopsis Radix*

类型	颜色	大小	断面	质地	气味	横纹
板桥党	灰棕色、黄棕色	直径0.6~1.0 cm，长度13~23 cm	有裂隙	质地结实	微香、微甜	有稀疏环状横纹或无环状横纹，有纵沟
纹党	灰棕色、黄棕色	直径0.5~2.5 cm，长度11~35 cm	裂隙较多	质地硬	气香、味甜	有横长皮孔突起和纵皱纹，环状横纹
凤党	灰棕色、黄棕色	直径0.6~1.0 cm，长度13~23 cm	裂隙较多	质地硬	气香、味甜	同纹党参
刀党	灰棕色、黄棕色	直径0.6~1.0 cm，长度13~23 cm	裂隙较多	质地硬	气香、味甜	同纹党参
台党	黄棕色	直径0.3~2.0 cm，长度11~30 cm	裂隙较少	质地硬	微香、微甜	有横长皮孔突起和纵皱，较少货没有环状横纹
潞党	灰棕色、黄棕色	直径0.3~2.0 cm，长度12~35 cm	存在裂隙	质地硬，有韧性	气香、微甜	同台党参
白条党	黄白色	直径0.3~2.0 cm，长度10~29 cm	裂隙较少	质地硬，柔润	微香、微甜	在芦下有绳孔



图1 商品党参药材表型特征  
Fig. 1 Phenotypic characteristics of *Codonopsis Radix*

综上, 针对不同商品党参, 可选择性状鉴别和显微鉴别方法, 对党参种质资源进行差异分析。但党参属植物资源丰富, 多达 40 种, 利用性状鉴别相关研究较少, 且都为不同商品党参药材和不同入药基原植物间的差异。不同入药基原植物根部形态受环境影响较大, 同时党参资源繁杂, 利用性状鉴定存在一定的局限性。在科研和临床应用中, 应建立综合质量评价体系, 不应局限于“辨状论质”, 保证其临床应用价值。

## 2.2 化学成分多样性

迄今国内外研究者已经从党参属植物中分离并鉴定出 300 多种化合物<sup>[53]</sup>, 包括 53 种炔类及聚炔类化合物、44 种三萜及皂苷类化合物、42 种苯丙素类化合物、33 种生物碱及含氮类化合物、29 种木脂素类化合物、26 种黄酮类化合物、25 种有机酸类化合物、10 种甾体类化合物和 42 种其他类化合物。此外, 党参中还含有挥发油<sup>[54]</sup>、硒、铁、锰、锌等人体所需微量元素及蛋氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、赖氨酸、苏氨酸等 17 种氨基酸<sup>[55]</sup>。

He 等<sup>[56]</sup>研究发现, 物种间及物种内不同样品中化学成分含量差异显著, 其中党参和素花党参化

学成分组成相似, 但与川党参化学成分组成差异显著。Lin 等<sup>[57]</sup>研究表明, 管花党参碱 A、B 和党参苷 A 仅存在于川党参中。黄延盛等<sup>[58]</sup>研究发现不同来源党参中多糖含量差异显著且对其品质影响较大; 同时, 各产地(甘肃、贵州、山西、湖北、四川)不同品种党参中紫丁香苷、阿魏酸、党参炔苷、苍术内酯 III 含量具有差异且紫丁香苷和阿魏酸含量均较低, 苍术内酯 III 仅存在于素花党参和党参中<sup>[59]</sup>。王艳等<sup>[55]</sup>研究发现基于氨基酸差异可区分 5 大产区 3 个品种的党参样品。张建勋<sup>[60]</sup>发现在红外光谱指纹图谱中不同产地 10 个批次的党参样品间化学成分差异显著。

综上所述可以看出, 党参药材来源复杂、化学成分种类繁多且含量受环境影响较大。历版《中国药典》对党参入药基原植物的收录、鉴别方法及检查也随着技术发展不断完善(图 2)。从最初 1 种入药基原到现在 3 种入药基原, 鉴别方法也从性状鉴别、显微鉴别、薄层定性鉴别不断完善, 现阶段更是朝着定量鉴别不断发展。因此, 可基于刘昌孝院士提出的质量标志物(quality marker, Q-Marker)核心概念<sup>[61]</sup>, 对党参的 Q-Marker 进行预测, 并利用现代

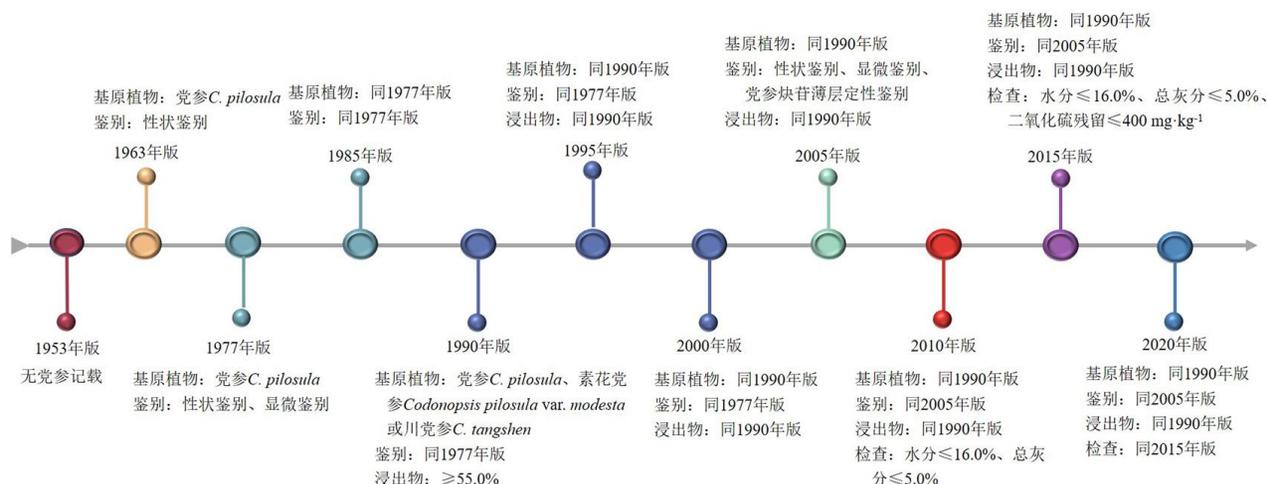


图2 历版《中国药典》党参评价方法

Fig. 2 Evaluation method for *Codonopsis Radix* in each version of Chinese Pharmacopoeia

化学成分检测手段, 制定出能够全面评价党参质量的多成分定量分析方法。

### 2.3 分子遗传多样性

随着分子生物学的快速发展, 研究者在分子水平上对党参种质资源多样性展开了分析。张建清等<sup>[62]</sup>采用随机扩增多态性 DNA 标记 (random amplified polymorphic DNA, RAPD) 分析发现 8 个栽培党参居群间遗传分化很小且与地理距离存在一定相关性; 其次, 甘肃各地栽培党参中仅文县栽培品为正品纹党。郭宏波<sup>[63]</sup>利用新型的分子标记 (inter-simple sequence repeat, ISSR) 分子标记和 RAPD 进行党参遗传多样性分析, 发现野生与栽培党参种群有较高遗传多样性。谷聪等<sup>[64]</sup>利用扩增片段长度多态性 (amplified fragment length polymorphism, AFLP) 分子标记技术研究环境对不同基原党参的遗传影响, 得出党参物种遗传背景的相似性与地理空间有关。刘新星等<sup>[36]</sup>研究筛选出的表达序列标签微卫星 (expressed sequence tags-simple sequence repeats, EST-SSR) 引物能够将党参、川党参、轮叶党参、野生党参及近缘属桔梗进行有效鉴别。

苏强等<sup>[65]</sup>采用 AFLP 法得到的指纹图可较好的显示出川党参, 素花党参与党参的遗传差异且均能找到其特有带或缺失带。He 等<sup>[66]</sup>对采集到的 65 个党参样品进行内部转录间隔区 (internal transcribed spacer, ITS) /ITS2 序列分析, 发现党参、素花党参、川党参的 ITS 序列位点上有一定的差异, 可对其 3 者进行区分。党参转录组来源的 SSR 重复类型丰富, 具有中等多态性, 同时大规模的 SSR 分子标记开发有助于党参遗传多样性与分子育种研究<sup>[67]</sup>。陈大霞等<sup>[68]</sup>研究发现川党参的遗传多样性较高, 且相关序列扩增多态性 (sequence-related amplified polymorphism, SRAP) 与 ISSR 标记均适用于川党参种质的遗传多样性分析。李忠虎等<sup>[69]</sup>利用磁珠富集法分离党参核基因组微卫星引物, 筛选出的多态性微卫星引物能用于党参的遗传多样性和群体遗传结构研究, 同时也能够用于党参属其他近缘物种的群体遗传学研究。He 等<sup>[66]</sup>研究发现党参中有 11 种类型的 ITS 序列, 素花党参和川党参中分别有 5 种类型的 ITS 序列, 表现为显著的遗传多态性。张丹等<sup>[70]</sup>应用生物信息学软件对 20 份不同基原党参进行多样性分析并筛选出 4 对多态性引物, 对 20 份党参材料进行 DNA 指纹图谱绘制, 发现 DNA 指纹图

谱可将 20 份材料进行鉴别。

从以上党参遗传多样性研究方法可以看出, DNA 水平的分子标记从 2006 年就开始应用于党参分子遗传多样性分析, 但由于每种 DNA 分子标记技术具有一定的局限性, 在一定程度上制约了其在党参分子遗传多样性研究中的应用。通过文献查阅发现在党参研究中常用的分子标记技术主要为 RAPD、ISSR、AFLP、SSR、SRAP、ITS 6 种, 其他分子标记技术应用较少, 同时近 5 年关于党参分子遗传多样性研究较少, 仅 SSR 分子标记技术较常用。单核苷酸多态性 (single nucleotide polymorphism, SNP) 标记具有全基因组覆盖、高通量、位点特异等优点<sup>[71]</sup>, 因此应重视 SNP 标记。同时, 在党参中 DNA 分子标记技术主要以遗传多样性分析为主, 其他方面有待深入研究, 如遗传连锁图谱构建与数量性状基因座定位、表型性状关联分析等。

## 3 党参种质资源的创新研究

党参的人工栽培最早出现在山西的潞安、壶关、长治及辽宁的凤城等地<sup>[69]</sup>。目前, 甘肃渭源、陇西、漳县、岷县、通渭, 吉林珲春、农安, 四川平武、青川, 湖北恩施等地已大面积人工种植党参。栽培种基本为农家地方品种杂合群体, 种质资源性状丰富多样, 但种质创新工作起步晚。目前有报道的仅有通过常规育种选育的 2 个品种 (渭党 1 号、2 号) 及诱变育种选育的 2 个品种 (渭党 3 号、4 号), 在生产中取得了良好的增产效果<sup>[30,72]</sup>, 但仍不能满足目前的生产需求, 中药材党参产业的可持续发展仍面临着巨大威胁<sup>[12]</sup>。

### 3.1 党参种质提纯复壮选育研究

常规选育可分为系统和杂交选育。系统选育是利用药用植物自然存在的混杂种质群体, 根据育种目标, 重复选择、提纯, 获得性状稳定、质量优良新品种的方法。杂交选育是指将父本和母本杂交, 形成具有不同遗传多样性的杂交后代, 再通过对杂交后代的筛选, 获得具有父母本优良性状, 且不带有父母本不良性状的新品种的育种方法。

甘肃省定西旱作农业研究推广中心在 1992—2006 年通过系统选育法选育出了党参新品种“渭党 1 号” (92-02) 和“渭党 2 号” (98-01), 选育流程见图 3。“渭党 1 号”生育期 540 d 左右, 根为肉质纺锤状直根, 初生茎绿色, 千粒质量为 0.26~0.32 g, 适宜在海拔 1 800~2 400 m, 年降水量 450~550



### 3.3 党参种质诱变创制的研究

诱变育种指利用化学、物理因素诱导植物的遗传性状发生变异,再根据育种目标从各变异群体中选择优异个体,结合多种手段培育成新品种的方法。

甘肃省定西市农业科学研究院<sup>[80]</sup>采用重离子辐照技术对“渭党1号”(系统选育品种,92-01)辐照处理,按辐照诱变育种程序(图3)选育出党参新品种“渭党3号”。该品种质量优,耐寒性较强,较“渭党1号”抗病能力强,适宜在海拔1900~2400 m,年降水量450~550 mm的半干旱及高寒阴湿区种植推广<sup>[80]</sup>。同时期,该单位选育出了适宜中药材党参高产优质栽培和良好农业规范基地建设的高产、稳产、抗病虫能力强的党参新品种“渭党4号”(DSN2004-05)<sup>[81]</sup>。

### 3.4 党参种质多倍体创制研究

多倍体育种是指利用人工诱变或自然变异等方式,通过细胞染色体组加倍获得多倍体育种材料,用以选育符合人们需要的优良品种。1991年,陈素萍等<sup>[82]</sup>首次进行党参多倍体试验,将党参种子播种于一定浓度秋水仙碱培养基中发芽,并进行胚轴的组织培养后获得党参四倍体变异株,经显微观察发现四倍体气孔大,视野数少,体细胞和花粉母细胞均为四倍体。四倍体党参不仅具有茎秆粗、花和叶片大、叶色深、花期长的性状优势,且抗逆性优于常规党参植株,极具潜在应用价值。马璐琳<sup>[83]</sup>用0.2%的秋水仙素琼脂凝胶对党参幼苗的上胚轴、中胚轴生长点分别进行多倍体诱变,观察鉴定发现,同源四倍体党参变异株较二倍体植株叶片大、颜色深,生育期长,千粒质量大。利用此方法获得的同源四倍体品质优良,从其自交后代中可选育出纯合的同源四倍体新品系,可为党参新品种选育提供基础。李香串<sup>[84]</sup>采用诱变与现代生物技术结合的方法选育得到潞党参的四倍体株系LDSS-5号,性状优良,多糖含量高于二倍体。

刘璇等<sup>[85]</sup>在查阅文献基础上,简述了党参种质资源的分布和遗传多样性研究进展,总结了2018年前党参育种工作的相关成果。提出党参的种质资源具有丰富的多样性,但对资源缺乏系统性开发利用,采用常规选育法对品种改良效果有限。本研究从党参种质资源分布、遗传多样性、种质提纯及创新利用现状进行系统概述,以党参种质资源分布和种质遗传多样性为背景,建议针对党参不同的使用目标,深入开展新品种选育研究。现阶段党参育种

仍以常规育种为主,离体培养和分子育种技术现处于试验阶段,还未落实到大田栽培生产中;其次,已经报道的党参新品种的选育局限在在甘肃省同一研究单位,且其适用于甘肃定西区域的生产推广,其他道地产区如陕西、山西、四川等关于党参新品种的选育报告较少;此外,转基因技术是当前育种研究中的热点,但转基因这一新兴育种技术是否可以应用在药用植物育种仍具有很大争议。因此,可以参考其他药用植物如桔梗<sup>[86]</sup>、天麻<sup>[87]</sup>、银杏<sup>[88]</sup>的育种经验,采用杂交育种和分子标记辅助育种,结合优质种质资源,选育党参品种,从而在更大程度上提高栽培党参的产量和质量,促进中药材党参药材生产行业的标准化、规范化发展。

### 4 结语及展望

从党参种质资源分布、资源多样性、种质创新现状进行归纳整理与分析,发现党参在资源保护利用和种质创新方面还存在以下问题:(1)党参种质资源多样性高,但野生资源保护滞后,导致部分党参属植物濒危及近危。(2)党参药材来源复杂、化学成分种类繁多,《中国药典》2020年版收载了党参的性状、鉴别、检查、浸出物测定等项,但未收录其含量测定项,文献研究中也仅以党参炔苷等个别化合物含量来评价党参质量,缺少体现其整体药效及专属性的质量控制与评价方法。(3)在种质创新方面,现有党参育种方法主要依赖于传统的选择育种、杂交育种,育种周期长,效率低。

针对以上党参在资源保护利用和种质创新方面所遇到的问题提出以下几点建议:(1)加强种质资源保护和利用。可重点研究和掌握党参属野生植物资源的遗传育种、仿野生栽培等技术,同时建立濒危种、近危种、易危种种质资源圃,为有效保护和合理利用党参属野生植物资源提供基础。(2)建立和完善党参药材的质量控制及评价方法。可基于中药Q-Marker的“特异性、敏感性、稳定性、合理性、可追溯性”5个核心概念,结合网络药理学,对党参Q-Marker进行预测,并利用现代化学成分检测手段,制定出能够全面评价党参质量的多成分定量分析方法。(3)利用现代生物技术,进行党参种质创新。通过高通量测序技术,以党参全基因组学为背景开展对党参遗传多样性研究,采用组培快繁、植物体细胞杂交、分子标记育种等现代生物技术,从现有优质农家种质、优异变异种质、野生种质等资源中挖掘高产、优质、抗逆基因,同时与形态学、

细胞遗传学、分子遗传学等方法相结合,为党参种质资源的创新提供快速有效的途径。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2020: 293.
- [2] 杨豆豆, 陈垣, 郭凤霞, 等. 党参地上部分研究和应用的进展 [J]. 中草药, 2021, 52(13): 4055-4063.
- [3] 苏圆锦, 奚佳玉, 史奇, 等. 药食同源中药党参的研究进展 [J]. 中草药, 2023, 54(8): 2607-2617.
- [4] Xie Q, Sun Y T, Cao L L, *et al.* Antifatigue and antihypoxia activities of oligosaccharides and polysaccharides from *Codonopsis pilosula* in mice [J]. *Food Funct*, 2020, 11(7): 6352-6362.
- [5] He R P, Jin Z, Ma R Y, *et al.* Network pharmacology unveils spleen-fortifying effect of *Codonopsis Radix* on different gastric diseases based on theory of “same treatment for different diseases” in traditional Chinese medicine [J]. *Chin Herb Med*, 2021, 13(2): 189-201.
- [6] Ming K, Chen Y, Yao F K, *et al.* Phosphorylated *Codonopsis pilosula* polysaccharide could inhibit the virulence of duck hepatitis A virus compared with *Codonopsis pilosula* polysaccharide [J]. *Int J Biol Macromol*, 2017, 94(Pt A): 28-35.
- [7] Gao Z Z, Zhang C, Jing L R, *et al.* The structural characterization and immune modulation activities comparison of *Codonopsis pilosula* polysaccharide (CPPS) and selenizing CPPS (sCPPS) on mouse *in vitro* and *vivo* [J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 160: 814-822.
- [8] Gao S M, Liu J S, Wang M, *et al.* Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Codonopsis*: A review [J]. *J Ethnopharmacol*, 2018, 219: 50-70.
- [9] 王赞文. 土壤水分对党参生长发育和成分积累的影响 [D]. 杭州: 浙江理工大学, 2018.
- [10] 张向东, 高建平, 曹铃亚, 等. 中药党参资源及生产现状 [J]. 中华中医药学刊, 2013, 31(3): 496-498.
- [11] 李成义, 刘书斌, 李硕, 等. 甘肃党参栽培现状调查分析 [J]. 中国现代中药, 2016, 18(1): 102-105.
- [12] 吴晓俊. 基于党参药材品质的区划研究 [D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2018.
- [13] 黄娜娜, 李俊, 普俊学, 等. 党参 HPLC 指纹图谱结合多种化学模式识别研究 [J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(16): 2103-2111.
- [14] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第五十二卷, 第二分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1983: 32.
- [15] 孙庆文. 黔产党参属和金钱豹属药用植物种子电镜扫描研究 [J]. 种子, 2015, 34(6): 34-39.
- [16] 李瑞杰. 素花党参种子种苗质量标准研究 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012.
- [17] 毕红艳. 党参种质资源的评价研究 [D]. 北京: 中国协和医科大学, 2008.
- [18] 孙庆文, 徐文芬, 王悦云, 等. 贵州党参属药用植物资源现状及开发前景 [J]. 华西药学杂志, 2011, 26(5): 501-503.
- [19] 环境保护部, 中国科学院. 中国珍稀濒危植物信息系统: 中国生物多样性红色名录 (高等植物卷) [DB/OL]. (2013-09-02) [2023-06-25]. <http://www.iplant.cn/rep/protlist>.
- [20] 国家中医药管理局《中华本草》编委会. 中华本草-7 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1999: 598-599.
- [21] 徐国钧徐珞珊. 常用中药材品种整理和质量研究-第 1 册-南方协作组 [M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1994: 1-9.
- [22] 李凤超, 李惠敏, 张艺, 等. 党参地方习用品的本草考证 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(15): 132-138.
- [23] 鲍隆友. 西藏党参属植物资源及光萼党参栽培技术 [J]. 中国林副特产, 2006(3): 37-39.
- [24] 孙庆文. 贵州党参属 *Codonopsis* 植物分类及党参炔苷含量分析研究 [D]. 贵阳: 贵阳中医学院, 2007.
- [25] 段琼芬, 王有琼, 赵虹. 补气补血服臭参 [J]. 植物杂志, 2002(1): 13.
- [26] 云南省卫生局. 云南中草药. 续集 [M]. 昆明: 云南人民出版社, 1975: 600-601.
- [27] 吴征镒. 云南植物志 (第 5 卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1991: 487.
- [28] 云南省药材公司. 云南中药资源名录 [M]. 北京: 科学出版社, 1993: 542-549.
- [29] 王钰洁. 基于 TLRs/MAPKs/NF- $\kappa$ B 信号通路探讨灰毛党参抗类风湿性关节炎活性及机制 [D]. 南昌: 江西中医药大学, 2023.
- [30] 徐亮, 张代贵, 李子杰, 等. 武陵山区湖南新纪录植物 (V) [J]. 吉首大学学报: 自然科学版, 2011, 32(5): 80-82.
- [31] 王峥涛, 徐国钧. 中药党参的药源调查 [J]. 中草药, 1992, 23(3): 144-147.
- [32] 王丽, 谭敦炎. 新疆党参的花部综合征与次级花粉呈现 [J]. 生物多样性, 2011, 19(1): 24-33.
- [33] 李艳, 兰卫, 孙萍, 等. 新疆党参总黄酮和多糖的含量测定 [J]. 中草药, 2004, 35(2): 214-215.
- [34] 黄素华. 云南党参属植物新类群 [J]. 云南植物研究, 1984, 6(4): 393-394.
- [35] 刘源. 甘肃省桔梗科植物系统分类与区系地理 [D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [36] 刘新星, 石有太, 罗俊杰, 等. 轮叶党参 EST-SSR 标记的开发及在党参属中的应用 [J]. 中草药, 2018, 49(13):

- 3110-3115.
- [37] 王崢涛, 徐国钧, 徐璐珊. 中药党参类生药性状与商品鉴定 [J]. 中国中药杂志, 1992, 17(7): 390-393.
- [38] 杨竞生初称江措. 迪庆藏药 (上册) [M]. 昆明: 云南民族出版社, 1987: 246.
- [39] 嘎务多吉. 藏药晶镜本草 [M]. 北京: 民族出版社, 1995: 274.
- [40] 王西芳, 王继涛, 李怀斌. 秦岭党参的生药鉴定研究 [J]. 中草药, 1989, 20(6): 28-30.
- [41] 杨利民, 韩梅. 一种待利用的食根野菜: 雀斑党参 [J]. 中国野生植物资源, 1996, 15(1): 38-39.
- [42] 七十六种药材商品规格标准 [S]. 1984.
- [43] 中国药材公司. 中国中药资源 [M]. 北京: 科学出版社, 1995: 230.
- [44] 王艳芳. 党参繁育系统研究及优良品系考察 [D]. 北京: 中国协和医科大学, 2010.
- [45] 葛鑫, 陈垣, 郭凤霞, 等. 白条党参生理特性与品质评价 [J]. 草原与草坪, 2023, 43(5): 67-74.
- [46] 黄璐琦, 詹志来, 郭兰萍. 中药材商品规格等级标准汇编 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 2019: 71.
- [47] 王昕慧, 全芮萍, 刘婕仪, 等. 苕麻种质资源遗传多样性分析研究进展 [J]. 作物研究, 2021, 35(3): 282-286.
- [48] 赵凌云. 道地药材“潞党参”与常用商品党参鉴别研究 [J]. 中国处方药, 2019, 17(5): 114-115.
- [49] 赵江燕, 王东, 高建平. 道地药材“潞党参”与常用商品党参鉴别研究 [J]. 中华中医药学刊, 2015, 33(1): 76-79.
- [50] 李国梅. 不同商品党参的鉴定方法和结果探讨 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2020, 18(13): 130-131.
- [51] 李达. 党参生药品质比较研究 [D]. 重庆: 重庆医科大学, 2012.
- [52] 陈可纯, 周修腾, 杨光, 等. 素花党参和川党参种子的形态及显微鉴别研究 [J]. 现代中药研究与实践, 2018, 32(6): 9-11.
- [53] 边惠琴, 武晓玉, 夏鹏飞, 等. 党参的研究进展及质量标志物的预测分析 [J]. 华西药理学杂志, 2022, 37(3): 337-344.
- [54] 杨军宣, 郭振宇, 张毅, 等. 不同党参饮片贮藏期有效成分的稳定性研究 [J]. 中药材, 2018, 41(1): 89-92.
- [55] 王艳, 王燕萍, 崔方, 等. 3种党参药材氨基酸组成与营养评价分析及品种分类研究 [J]. 时珍国医国药, 2021, 32(10): 2421-2425.
- [56] He J Y, Zhu S, Goda Y, et al. Quality evaluation of medicinally-used *Codonopsis* species and *Codonopsis Radix* based on the contents of pyrrolidine alkaloids, phenylpropanoid and polyacetylenes [J]. *J Nat Med*, 2014, 68(2): 326-339.
- [57] Lin L C, Tsai T H, Kuo C L. Chemical constituents comparison of *Codonopsis tangshen*, *Codonopsis pilosula* var. *modesta* and *Codonopsis pilosula* [J]. *Nat Prod Res*, 2013, 27(19): 1812-1815.
- [58] 黄延盛, 张欣, 刘耀军, 等. 我国不同产地党参药材中糖类成分比较分析 [J]. 南昌大学学报: 工科版, 2022, 44(4): 326-334.
- [59] 黄延盛, 张欣, 刘耀军, 等. 不同产地党参中小分子类化学成分差异比较分析研究 [J]. 当代化工研究, 2022(22): 55-60.
- [60] 张建勋. 红外光谱法在不同产地中药党参鉴别中的应用 [J]. 临床医药文献电子杂志, 2019, 6(34): 6-7.
- [61] 刘昌孝, 陈士林, 肖小河, 等. 中药质量标志物(Q-Marker): 中药产品质量控制的新概念 [J]. 中草药, 2016, 47(9): 1443-1457.
- [62] 张建清, 苏雪, 吴琼, 等. 药用植物党参的 RAPD 分析 [J]. 中药材, 2006, 29(5): 417-420.
- [63] 郭宏波. 野生与栽培党参遗传多样性及其保存和保护策略研究 [D]. 上海: 复旦大学, 2007.
- [64] 谷聪, 曹玲亚, 苏强, 等. 党参原产地及其迁地引种后 AFLP 与 HPLC 指纹图谱分析 [J]. 中药材, 2016, 39(8): 1716-1722.
- [65] 苏强, 杨静, 王哲, 等. 党参 DNA-AFLP 分析体系建立及条件优化 [J]. 药物生物技术, 2010, 17(4): 326-330.
- [66] He J Y, Zhu S, Komatsu K, et al. Genetic polymorphism of medicinally-used *Codonopsis* species in an internal transcribed spacer sequence of nuclear ribosomal DNA and its application to authenticate *Codonopsis Radix* [J]. *J Nat Med*, 2014, 68(1): 112-124.
- [67] 王东, 曹玲亚, 高建平. 党参转录组中 SSR 位点信息分析 [J]. 中草药, 2014, 45(16): 2390-2394.
- [68] 陈大霞, 彭锐, 李隆云, 等. 利用 SRAP 和 ISSR 标记分析川党参的遗传多样性 [J]. 中国中药杂志, 2009, 34(3): 255-259.
- [69] 李忠虎, 刘晓东, 王小琦, 等. 党参微卫星引物筛选及群体遗传多样性研究 [J]. 中草药, 2013, 44(2): 210-214.
- [70] 张丹, 杜晨晖, 裴香萍, 等. 党参线粒体和叶绿体微卫星标记的开发及应用 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(23): 153-162.
- [71] 黎裕, 李英慧, 杨庆文, 等. 基于基因组学的作物种质资源研究: 现状与展望 [J]. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3333-3353.
- [72] 苏宁宁. 党参种子检验方法及质量标准的研究制定 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2012.
- [73] 王富胜. 甘肃党参新品系 92-02 选育及研究 [J]. 中国现代中药, 2006, 8(6): 39-41.
- [74] 刘效瑞, 荆彦明, 尚虎山, 等. 甘肃党参新品系 98-01 选育初报 [J]. 甘肃农业科技, 2008(2): 3-5.

- [75] 荆彦民. 党参高产优质新品种选育研究 [J]. 中药材, 2010, 33(5): 665-667.
- [76] 牛德水, 邵启全, 张敬. 党参的离体培养及植株再生的研究 [J]. 遗传学报, 1991, 18(2): 168-174.
- [77] 李继胜, 贾敬芬, 齐放军. 党参原生质体再生植株[J]. 植物生理学报, 1993(11): 864-867.
- [78] 杨随庄, 胡钺, 张天虎, 等. 党参组织培养中的微型扦插繁殖 [J]. 甘肃农业科技, 1996(5): 37-38.
- [79] 孙欢, 何春雨, 张延红, 等. 党参花药愈伤组织诱导及植株再生体系的建立 [J]. 中药材, 2023, 46(2): 279-283.
- [80] 汪淑霞, 宋振华. 党参新品种渭党 3 号选育报告 [J]. 甘肃农业科技, 2015(11): 11-13.
- [81] 荆彦民, 魏玉琴, 李文建, 等. 党参新品种渭党 4 号 (DSN2004-05) [Z]. 甘肃省: 甘肃省定西市农业科学研究院, 2014-11-27.
- [82] 陈素萍, 王莉, 宋秀清. 党参多倍体育种的研究 [J]. 中草药, 1991, 22(5): 224-227.
- [83] 马璐琳. 党参的多倍体诱变育种 [D]. 太谷: 山西农业大学, 2004.
- [84] 李香申. 潞党参四倍体优良株系 LDSS-5 号的性状观察及多糖含量研究 [J]. 中国野生植物资源, 2014, 33(6): 21-25.
- [85] 刘璇, 徐娇, 金钺, 等. 党参种质资源与优良品种选育研究进展 [J]. 农学学报, 2018, 8(7): 36-41.
- [86] 魏建和, 杨成民, 隋春, 等. 利用雄性不育系育成桔梗新品种‘中梗 1 号’‘中梗 2 号’和‘中梗 3 号’ [J]. 园艺学报, 2011, 38(6): 1217-1218.
- [87] 马世来, 张孔周. 天麻杂交育种技术 [J]. 中国果菜, 2009, 29(4): 14.
- [88] 郝明灼, 曹福亮, 汪贵斌, 等. 银杏杂交育种研究现状及展望 [J]. 林业科技开发, 2005, 19(6): 5-8.

[责任编辑 赵慧亮]