

四川省 82 份蚕豆种质资源的农艺性状鉴定与评价

杨梅¹, 钟小娟¹, 范元芳¹, 李欣², 王娴淑¹, 项超¹

(¹四川省农业科学院作物研究所(四川省种质资源中心)/粮油作物绿色种质创新与遗传改良四川省重点实验室, 成都 610066; ²四川省种子站, 成都 610041)

摘要: 四川是蚕豆资源遗传多样性较为丰富的省份之一, 本文以 82 份四川蚕豆地方种质资源为研究对象, 通过遗传多样性指数、变异系数、相关性分析、聚类分析和主成分分析, 鉴定评价了四川蚕豆地方资源的多样性水平, 筛选了优异种质资源。结果表明, 82 份蚕豆种质资源的株高、百粒重、叶形、鲜茎色、赤斑病抗性与褐斑病抗性遗传多样性丰富; 除荚宽和生育日数外的 11 个农艺性状变异系数在 11.70%~38.39%之间, 每荚粒数、结荚节数、单株荚数和单株粒数的变异系数较大。相关分析结果显示, 株高、百粒重、有效分枝、结荚节数、单株荚数和单株粒数均与单株粒重呈显著或极显著正相关关系。聚类分析将 82 份蚕豆种质资源聚为四类, I、IV 类产量正相关性状表现较好。主成分分析提取了累计百分率达 79.858%的 5 个主成分因子, 有效分枝、结荚节数、单株荚数对 PCA1 贡献较大为优异资源评价的关键农艺性状, 筛选了主成分因子加权得分 > 1 的 7 份种质资源作为优异资源。本研究结果反映了四川蚕豆地方种质资源的综合表现, 为优异资源保护、挖掘和利用提供了数据支撑。

关键词: 蚕豆; 种质资源; 鉴定评价; 遗传多样性; 农艺性状

Identification and Evaluation Agronomic Traits of 82 Faba Bean Germplasm Resources in Sichuan Province

YANG Mei¹, ZHONG Xiaojuan¹, FAN Yuanfang¹, LI Xin², WANG Xianshu¹, XIANG Chao¹

(¹Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences (Sichuan Provincial Germplasm Resources Center)/Environment-friendly Crop Germplasm Innovation and Genetic Improvement Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610066; ²Sichuan Seed Station, Chengdu 610041)

Abstract: Sichuan was one of the provinces with rich genetic diversity of faba bean resources. In this paper, 82 Sichuan faba bean local germplasm resources were used as the research object. The diversity level of Sichuan faba bean local resources was identified and evaluated by genetic diversity index, variation coefficient, correlation analysis, cluster analysis and principal component analysis, and excellent germplasm resources were screened. The results showed that the genetic diversity of plant height, 100-seed weight, shape of the leaflets, color of the fresh stem, resistance of chocolate spot and resistance to ascochyta blight of faba bean

收稿日期: 2024-12-31

网络出版日期:

URL:

第一作者研究方向为蚕豆种质资源鉴定与新品种选育, E-mail: yangmeitong2012@163.com

通信作者: 项超, 研究方向为豆类种质资源与遗传育种, E-mail: xc2011cib@163.com

基金项目: 四川省蔬菜育种攻关项目(2021YFYZ0022); 国家现代农业产业技术体系项目(SCCXTD-2022-20); 第三次全国农作物种质资源普查与收集行动(111821301354052034); 四川省农业科学院“1+9 揭榜挂帅”项目(1+9KJGG001); 四川省财政专项(1+3 ZYGG001)

Foundation projects: The Key Project of Vegetable Breeding of Sichuan(2021YFYZ0022); National Modern Agricultural Industry Technology System Project (SCCXTD-2022-20); The Third National Campaign of Crop Germplasm Census and Collection (111821301354052034); Sichuan Academy of Agricultural Sciences Project "1+9 Unveiling the List" (1+9KJGG001); Sichuan Provincial Finance Department (1+3 ZYGG001)

germplasm resources was rich. The variation coefficient 11 agronomic traits except pod width and growth days ranged from 11.70 % to 38.39 %, and the variation coefficient of seed per pod, number of pod nodes, pods per plant and seeds per plant was larger. The correlation analysis results showed that plant height, 100-seed weight, number of effective branches, number of pod nodes, pods per plant and seeds per plant were significantly or extremely significantly positively correlated with seed weight per plant. Cluster analysis clustered 82 faba bean germplasm resources into four categories, and class I and IV yield-related traits performed better. Five principal component factors with a cumulative percentage of 79.858 % were extracted by principal component analysis. The effective branch number, number of pod nodes and pods per plant contributed greatly to PCA1, which were the key agronomic traits for excellent resource evaluation. Seven germplasm resources with a weighted score of principal component factor > 1 were selected as excellent germplasm. The results of this study reflected the comprehensive performance of faba bean local germplasm resources in Sichuan, and provided data support for the protection, excavation and utilization of excellent resources.

Key words: faba bean; germplasm resources; identification and evaluation; genetic diversity; agronomic traits

蚕豆 (*Vicia faba* L.) 是豆科 (Leguminosae) 蝶形花亚科 (Papilionoideae) 野蚕豆族 (Viceae) 巢菜属 (蚕豆属 *Vicia* L.) 下唯一的栽培种^[1]。蚕豆是人们日常食物中重要的植物蛋白来源, 籽粒蛋白质含量在 20.3~41% 之间, 是除大豆、四棱豆和羽扇豆外的高蛋白作物^[2]。蚕豆在我国分布范围十分广阔, 从海拔 4000 米的西藏拉萨到 10 米以下的东海之滨, 东起东经 121°、西至东经 76°, 南起北纬 22°、北至北纬 47° 均有种植, 是我国栽培面积较大、总产较高的食用豆类作物^[2-3]。

种质资源是作物新品种选育和农业科技原始创新的物质基础, 是农业的“芯片”^[4]。种质资源的鉴定与评价是研究遗传多样性最直接的方法, 对拓宽现有资源的遗传背景、挖掘优异性状和提高育种效率具有重要意义^[5]。石晗等^[6]对来自河北、上海、安徽和日本的 54 份蚕豆种质资源主要农艺性状进行鉴定与评价, 发现单荚粒数和分枝数的遗传多样性最高, 筛选到 3 份优异种质资源可以用作改良蚕豆产量的材料。崔永梅等^[7]对 246 份青稞种质资源的抗旱性进行鉴定评价, 鉴定出 3 份极强抗旱或强抗旱的材料作亲本材料用。辛佳佳等^[8]对江西食用豆种质资源进行多样性分析, 根据农艺性状、品质、抗性和产量的综合表现, 获得了 30 份具有挖掘潜力的优异食用豆资源。范元芳等^[9]对四川省 192 份大豆种质资源进行鉴定评价, 筛选获得 7 份优异大豆种质资源。

四川是中国蚕豆主产区之一, 常年种植约 210 万亩, 总产约 30 万吨, 以蚕豆为原料的“川菜之魂”郫县豆瓣酱名扬国内外^[10], 因此, 四川蚕豆对全国蚕豆产业的发展影响极大。2018 年四川省启动了“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”, 新收集蚕豆种质资源 353 份, 2020-2021 年对其中的 82 份进行了连续鉴定。本研究采用相关分析、聚类分析与主成分分析等方法对 82 份蚕豆种质资源的农艺性状进行综合

评价，旨在为丰富蚕豆育种亲本基因库及蚕豆种质资源的挖掘开发提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料来自于四川省“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”征集或收集的 82 份蚕豆地方资源，资源的基本信息详见表 1。

表 1 四川 82 份蚕豆地方资源的基本信息

Table 1 Basic information of 82 faba bean local germplasms in Sichuan

编号 No.	征集或收集编号 Collect No.	种质名称 Name	来源地 Origin	编号 No.	征集或收集编号 Collect No.	种质名称 Name	来源地 Origin
SJ01	P513426004	蚕豆	凉山州会东县	SJ42	P513232010	小红胡豆	阿坝州若尔盖县
SJ02	P511903017	本地胡豆	巴中市恩阳县	SJ43	P510132003	二板子胡豆	成都市新津县
SJ03	P510781042	阳亭胡豆	绵阳市江油市	SJ44	P510683015	胡豆	德阳市绵竹县
SJ04	P510781010	白胡豆	绵阳市江油市	SJ45	P510504022	本地胡豆	泸州市龙马潭区
SJ05	P511621022	米胡豆	广安市岳池县	SJ46	P511381044	土蚕豆	南充市阆中市
SJ06	P512022030	小胡豆	资阳市乐至县	SJ47	P510132002	大白胡豆	成都市新津县
SJ07	P511323030	老胡豆	南充市蓬安县	SJ48	P511622011	本地红胡豆	广安市武胜县
SJ08	P511323021	小白胡豆	南充市蓬安县	SJ49	P510521054	蚕豆	泸州市泸县
SJ09	P511323081	红胡豆	南充市蓬安县	SJ50	2018512084	胡豆	成都市彭州市
SJ10	P511325013	洞滨小胡豆	南充市西充县	SJ51	P511523068	本地小胡豆	宜宾市江安县
SJ11	P511325014	洞滨大胡豆	南充市西充县	SJ52	P513334009	胡豆	甘孜州理塘县
SJ12	P510723001	胡豆	绵阳市盐亭县	SJ53	P511725023	豆科	达州市渠县
SJ13	P511603022	本地胡豆	广安市前锋区	SJ54	2018517046	胡豆	乐山市峨边县
SJ14	P510322002	大白胡豆	自贡市富顺县	SJ55	P511324043	胡豆	南充市仪陇县
SJ15	P510322001	青胡豆	自贡市富顺县	SJ56	2018514077	蚕豆	攀枝花市盐边县
SJ16	P513326029	扁胡豆	甘孜州道孚县	SJ57	2019515185	胡豆	眉山市洪雅县
SJ17	P513326028	胡豆	甘孜州道孚县	SJ58	2018514103	胡豆	攀枝花市盐边县
SJ18	P513333005	本地胡豆	甘孜州色达县	SJ59	P511324059	胡豆	南充市仪陇县
SJ19	P510704028	大胡豆	绵阳市游仙区	SJ60	2018512076	瓣胡豆	成都市彭州市
SJ20	P511622003	本地红皮胡豆	广安市武胜县	SJ61	2019515181	洪雅县本地胡豆	眉山市洪雅县
SJ21	P511622002	本地紫皮胡豆	广安市武胜县	SJ62	P513323071	红胡豆	甘孜州丹巴县
SJ22	P510824004	本地胡豆	广元市苍溪县	SJ63	2019511007	胡豆	绵阳市北川县
SJ23	P513228010	红胡豆	阿坝州黑水县	SJ64	P511526035	蚕豆	宜宾市珙县
SJ24	P513228001	本地白胡豆	阿坝州黑水县	SJ65	P513232007	大白胡豆	阿坝州若尔盖县
SJ25	P511623023	大蚕豆	广安市邻水县	SJ66	P513433001	泸宁蚕豆	凉山州冕宁县
SJ26	P513321057	本地胡豆	甘孜州康定市	SJ67	P511723050	胡豆	达州市开江县
SJ27	2018516085	蚕豆	泸州市古蔺县	SJ68	P511011008	胡豆	内江市东兴区
SJ28	2018516006	小胡豆	泸州市古蔺县	SJ69	P510922042	大胡豆	遂宁市射洪县

SJ29	2018516002	大胡豆	泸州市古蔺县	SJ70	P513333005	本地胡豆	甘孜州色达县
SJ30	P510183020	胡豆	成都市邛崃市天	SJ71	P513224011	胡豆	阿坝州松潘县
SJ31	P511921011	胡豆	巴中市通江县	SJ72	P511825004	石家本地小胡豆	雅安市天全县
SJ32	P510112003	大白胡豆	成都市龙泉驿区	SJ73	P511781027	胡豆	达州市万源市
SJ33	P511622010	本地白胡豆	广安市武胜县	SJ74	P510321017	本地小葫豆	自贡市荣县
SJ34	P511425018	小青皮胡豆	眉山市青神县	SJ75	P513424029	本地胡豆	凉山州德昌县
SJ35	P510112009	二白胡豆	成都市龙泉驿区	SJ76	P511923024	本地蚕豆	巴中市平昌县
SJ36	P510503020	本地葫豆	泸州市纳溪区	SJ77	P513225006	红胡豆	阿坝州九寨沟县
SJ37	P510185045	小葫豆	成都市简阳市	SJ78	P513225007	白胡豆	阿坝州九寨沟县
SJ38	P511124034	七粒豆	乐山市井研县	SJ79	P511526062	胡豆	宜宾市珙县
SJ39	P513232001	小白胡豆	阿坝州若尔盖县	SJ80	P513323056	胡豆	甘孜州丹巴县
SJ40	P511124033	大白胡豆	乐山市井研县	SJ81	P513225016	本地胡豆	阿坝州九寨沟县
SJ41	P511303020	蚕豆	南充市高坪区	SJ82	2019516042	本地胡豆	广元市青川县

1.2 试验方法

供试材料于 2020-2021 年连续 2 年在四川省农业科学院现代农业科技创新示范园内秋播种植（30°40'N，103°54'E），播种时间分别为 2020 年 10 月 25 日、2021 年 10 月 23 日。试验采用完全随机区组排列，2 次重复。机械开沟条播，小区宽 2.5 米，长 2 米，行距 0.5 米，每小区种植材料 4 行，每行播种 30 粒。在植株 5~9 叶期时按株距 0.12 米每行定苗 20 株，田间管理按常规管理方法。

农艺性状观察记载按照《蚕豆种质资源描述规范和数据标准》^[1]执行。田间观测记载包括生育期、株高、分枝数、生态习性、叶色、叶形、鲜茎色、花旗瓣颜色、花翼瓣颜色、开花习性、荚长、荚宽、每荚粒数、百粒重，赤斑病、褐斑病和锈病抗性。干籽粒成熟期每小区随机选取 10 株调查株高、主茎节数、分枝数、有效分枝、结荚节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重、每荚粒数、荚长、荚宽、百粒重。调查的农艺性状取 2 次重复的平均值作为年度鉴定结果，2 年鉴定结果的平均值作为最终鉴定结果。

1.3 数据分析

利用 Microsoft Excel 2016 进行数据处理，Origin 2021 软件作图，基迪奥生物 OmicShare 工具作相关性热图（<https://www.omicshare.com/tools>），微生信平台进行聚类分析（<https://www.bioinformatics.com.cn>），DPS 18.0 进行主成分分析（PCA）。

2 结果与分析

2.1 蚕豆地方种质的分布情况

四川是我国地貌类型相对丰富和地势最复杂的省份之一，地势高差巨大，地貌类型以山地为主，占全省的 67.9%，平原与台地最小，占比不足 10.0%^[11]。82 份蚕豆地方资源收集于四川省 21 个市（州），其

中 20 份来自甘孜、阿坝、凉山三州春播区，62 份来自秋播区。从图 1 可以看出，阿坝州、南充市份数最多，成都市、甘孜州、广安市次之，内江市、遂宁市、雅安市和资阳市最少。分析资源收集地的地理信息，82 份蚕豆地方资源海拔分布在 223.0~3419.0 m，经度、纬度分别在 100.2~115.3 °E 与 26.3~34.2 °N 之间。春播区资源在海拔 1085.0~3419.0 m、经度 100.2~105 °E 及纬度 26.3~34.2°N 间分布；秋播区资源在海拔 223.0~1725.0 m、经度 101.2~115.3 °E 及纬度 27.0~32.3°N 间分布，其中海拔 500 m 以下、经度 104~106 °E 及纬度 30~32 °N 分布的资源最多（图 2）。

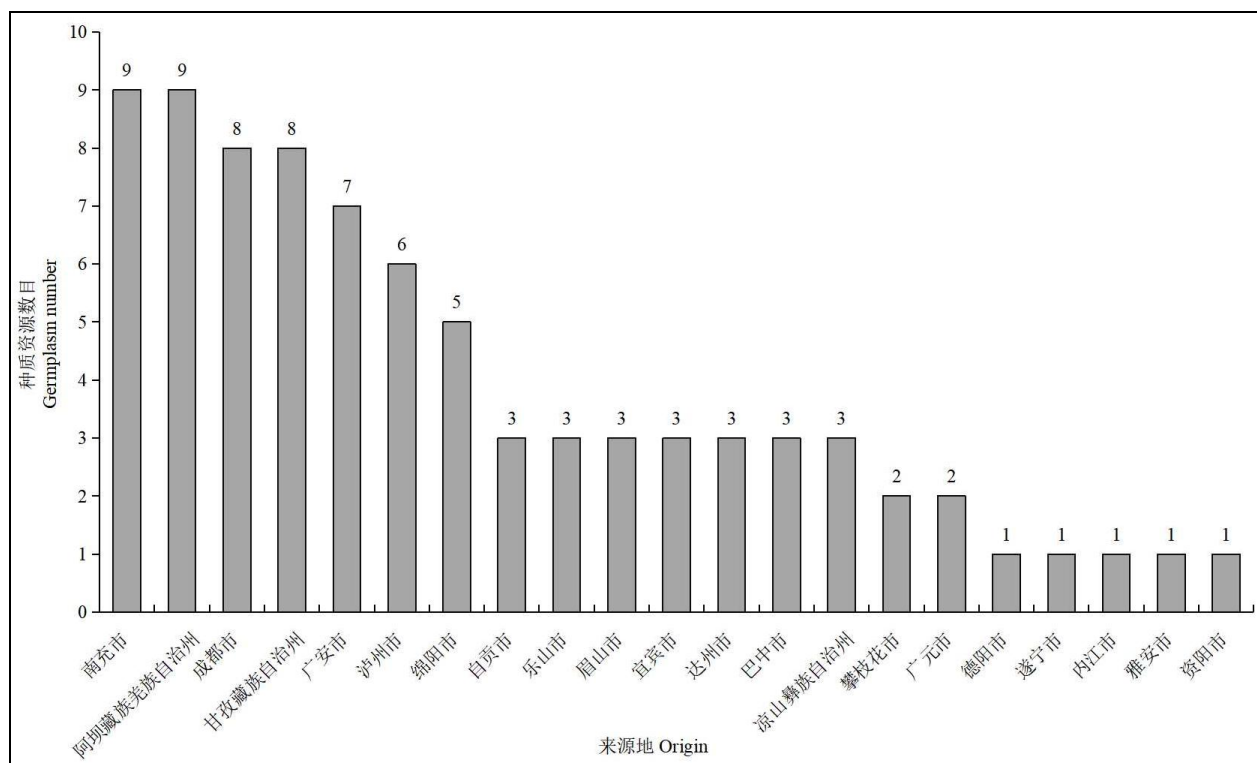


图 1 82 份蚕豆地方资源分布

Fig. 1 The distribution of 82 faba bean germplasms

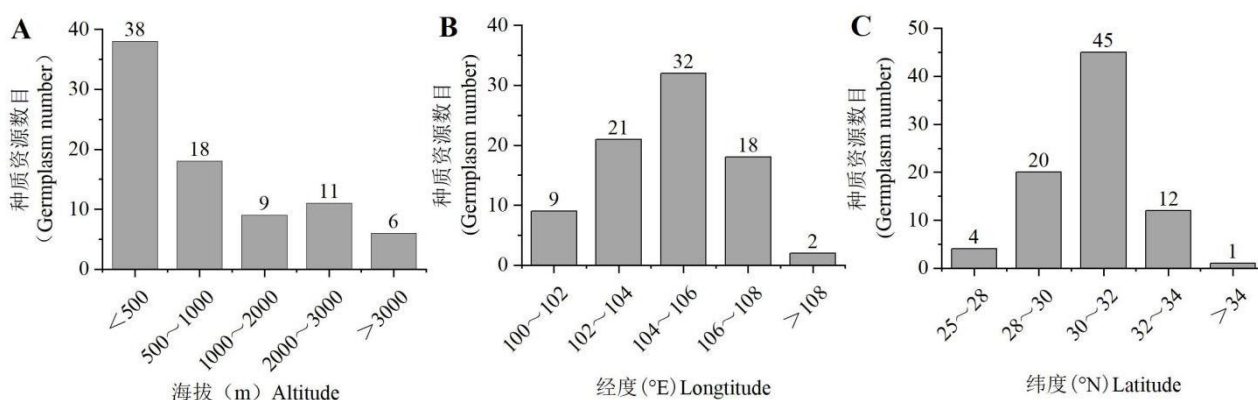


图 2 蚕豆地方资源地理信息分析

Fig. 2 Geographical information of faba bean germplasm

2.2 蚕豆种质资源农艺性状多样性分析

根据《蚕豆种质资源描述规范和数据标准》^[1]为农艺性状赋值,分析 82 份种质资源农艺性状的多样性,结果如表 2 所示。82 份资源的株高、荚长、每荚粒数、鲜茎色主要分布在 3 级,百粒重、赤斑病抗性、褐斑病抗性主要分布在 5 级,叶色、叶形、花旗瓣颜色主要分布在 2 级,锈病抗性主要分布在 1 级、花翼瓣颜色主要分布在 8 级;分株数、荚宽、生态习性和开花习性分别集中分布在 3、5、2、2 级。株高、百粒重、叶形、鲜茎色、赤斑病抗性与褐斑病抗性的多样性指数较大,说明这 6 个性状具有较高的遗传多样性;荚长、每荚粒数、叶色、花旗瓣颜色、花翼瓣颜色以及锈病抗性的遗传多样性指数较小,说明这 6 个性状的分布相对集中;分株数、荚宽、生态习性与开花习性等 4 个性状分布最集中。鲜茎色遗传多样性指数最高,表明该性状遗传多样性最丰富。

表 2 蚕豆种质资源 16 个农艺性状的多样性指数

Table 2 Diversity index of 16 agronomic traits of faba bean germplasm

性状 Traits	赋值分布频率(%) Distribution frequency of assignment criterion									多样性指数 H'
	1	2	3	5	6	7	8	9		
株高 (cm) Plant height	20.73		59.76	19.51						1.375
分枝数 (个) Primary branches number			100.00							—
荚长 (cm) Pod length			96.34	2.44		1.22				0.260
荚宽 (cm) Pod width				100.00						—
每荚粒数(粒) Seeds per pod			98.78	1.22						0.095
百粒重 100-seed weight	6.10		40.24	53.66						1.256
生态习性 Ecological habit		100.00								—
叶色 Leaf color	17.07	82.93								0.659
叶形 Shape of the leaflets	29.27	48.78	21.95							1.504
鲜茎色 Fresh stem color	34.15	28.05	37.80							1.574
花旗瓣颜色 Ground color of standard petal		58.54	41.46							0.971
花翼瓣颜色 Wing petal color	1.22				15.85		82.93			0.723
开花习性 Flowering habit		100.00								—
锈病抗性 Resistance to rust	69.51		29.27	1.22						0.961
赤斑病抗性 Resistance to chocolate spot			2.44	48.78		39.02		9.76		1.493
褐斑病抗性 Resistance to Ascochyta blight			8.54	62.20		25.61		3.66		1.407

变异系数是衡量种间差异的重要指标^[9-12],范元芳等^[9]认为变异系数 > 10% 即品种间变异程度较大。分析考种数据发现(表 3),除荚宽和生育日数外,株高、主茎节数、分株数、有效分枝、结荚节数、单株荚数、荚长、单株粒数、每荚粒数、单株粒重、百粒重等 11 个性状的变异系数在 11.70%~38.39% 之间,每荚粒数、结荚节数、单株荚数和单株粒数的变异系数较大,说明这些性状在种间差异较大。分枝数变幅为 1.70~5.60 枝、变异系数为 20.67%,荚长在 5.80~15.00 cm 之间、变异系数为 15.43%,每荚粒数在 0.95~5.39

粒之间、变异系数为 38.39%，说明这三个性状在种间差异较大，该结果与遗传多样性指数结论不一致，与采取衡量标准不同有关。株高变幅为 64.50~133.50 cm、变异系数为 11.70%，百粒重变幅为 65.12~177.80 g、变异系数为 20.93%，表明株高、百粒重的种间差异较大；荚宽变幅为 1.35~2.10 cm，变异系数 9.05%，表明该性状的种间差异较小；这三个性状鉴定结果与遗传多样性指数结果一致。

表 3 蚕豆种质资源农艺性状的统计分析

Table 3 Statistical analysis of agronomic traits of faba bean germplasm

性状 Traits	最小值 Min.	最大值 Max.	均值 Mean	标准差 SD	变异系数 (%) CV
株高 (cm) Plant height	64.50	133.50	107.98	12.64	11.70
主茎节数 Nodes number of the main stem	14.40	30.40	18.84	2.95	15.68
分枝数 Primary branches number	1.70	5.60	3.34	0.69	20.67
有效分枝 Effective branches number	1.70	5.20	2.82	0.58	20.62
结荚节数 Pod nodes number	3.80	19.00	9.63	3.38	35.09
单株荚数 Pods per plant	3.80	22.65	10.59	3.80	35.89
荚长 (cm) Pod length	5.80	15.00	7.45	1.15	15.43
荚宽 (cm) Pod width	1.35	2.10	1.74	0.16	9.05
单株粒数 Seeds per plant	6.10	31.30	17.24	5.61	32.54
每荚粒数 Seeds per pod	0.95	5.39	1.78	0.68	38.39
单株粒重 (g) Seed weigh per plant	7.10	31.50	18.73	5.44	29.05
百粒重 (g) 100-seed weight	65.12	177.80	110.39	23.10	20.93
生育日数 (d) Growth period	172.50	178.50	176.33	0.93	0.53

由图 3 可知，82 份资源的生育日数分布比较集中，大部分资源为 176~177 d，属于中、早熟型^[13]。株高在 100~120 cm 之间，主茎节数 15~20 节、有效分枝 2.5~3.5 枝、结荚节数 8~10 节、单株荚数 5.5~12 粒、荚长 7.0~8.0 cm、荚宽 1.8~1.9 cm、单株粒数 10~22 粒、每荚粒数 1.5~2.0 粒、单株粒重 7.0~8.0 g 之间，与选育的新品种相差较大^[13-15]。这些地方资源的百粒重在 80.0~130.0 g 之间，其中 110.0~120.0 g 的份数最多，这可能与我省蚕豆主要用作豆瓣酱原料有关^[16]。

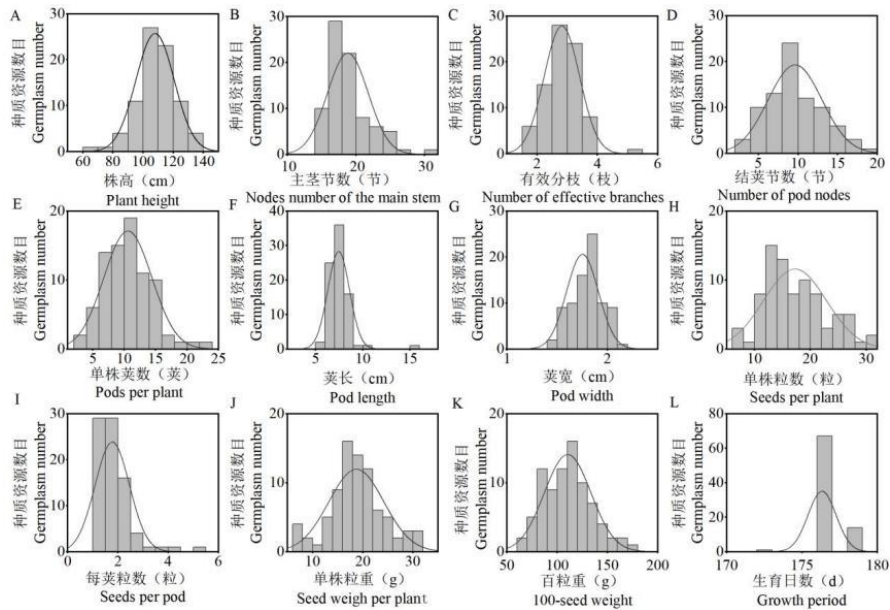
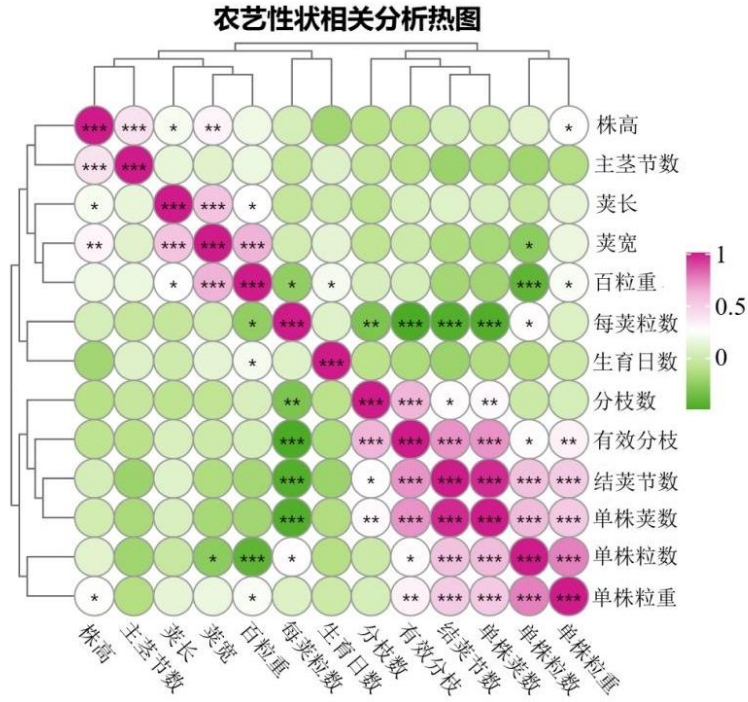


图 3 蚕豆地方资源农艺性状分布

Fig. 3 The distribution location of faba bean's agronomic traits

2.3 蚕豆种植资源农艺性状相关性分析

由图 4 可以看出，株高与主茎节数、荚宽呈极显著正相关关系，与荚长、单株粒重显著正相关；荚长与荚宽呈极显著正相关，与百粒重呈显著正相关；荚宽与百粒重呈极显著正相关，与单株粒数呈显著负相关；百粒重与生育日数、单株粒重呈显著正相关，与每荚粒数、单株粒数呈显著、极显著负相关；每荚粒数与单株粒数呈显著正相关，与分枝数、有效分枝、结荚节数、单株荚数呈极显著负相关；分枝数与有效分枝、单株节数、单株荚数呈显著或极显著正相关，有效分枝与结荚节数、单株荚数、单株粒数、单株粒重呈显著或极显著正相关；单株荚数、单株粒数、单株粒重间呈极显著正相关。在上述关系中，株高、百粒重、有效分枝、结荚节数、单株荚数和单株粒数均与单株粒重呈显著或极显著正相关，因此这 6 个性状为产量正相关性状。从性状聚类结果来看，13 个农艺性状可以分为 2 类，第 I 类为株高、主茎节数、荚长、荚宽、百粒重、每荚粒数、生育日数等 7 个性状，以产量负相关性状为主；第 II 类为分枝数、有效分枝、结荚节数、单株荚数、单株粒数和单株粒重等 6 个性状，主要为产量正相关性状。



*, ** 和 *** 分别表示在 $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 、 $P < 0.001$ 水平显著相关
 *, ** and *** means significant correlation at $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $0.01 < P < 0.05$, respectively

图 4 蚕豆地方资源农艺性状相关热图

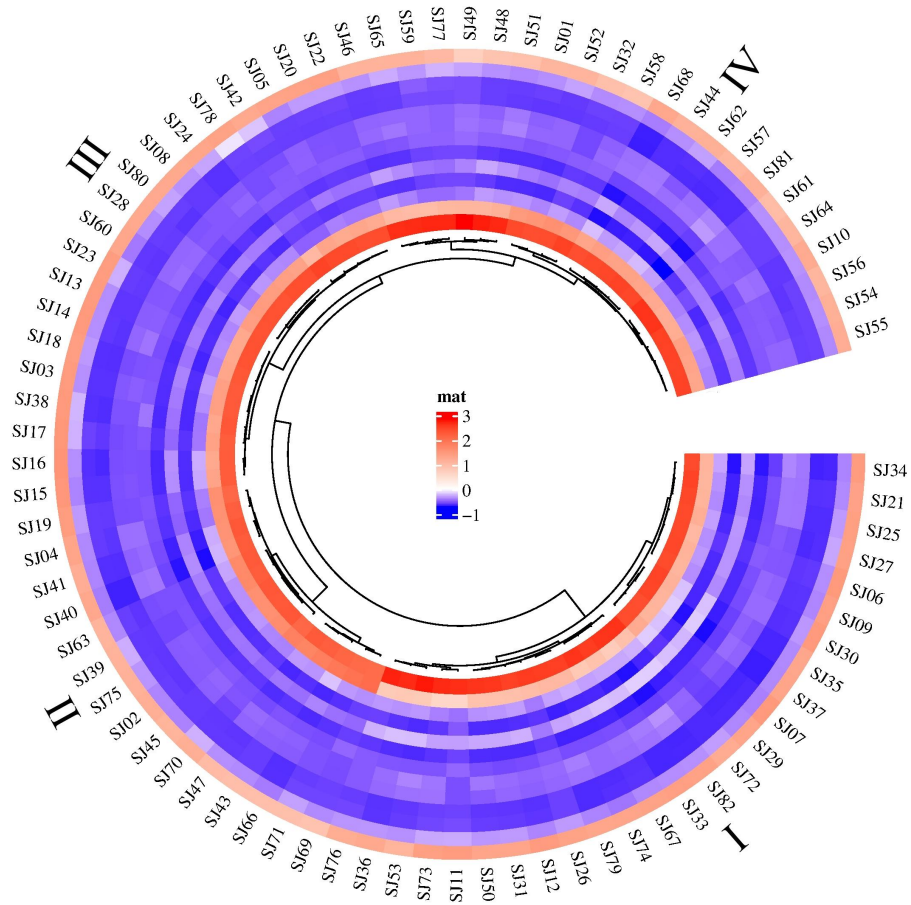
Fig.4 The correlations heatmap of faba bean's agronomic traits

2.4 蚕豆种质资源农艺性状聚类分析

13 个农艺性状采用欧式距离 Ward 最小方差法对 82 份蚕豆种质资源进行聚类分析, 可聚为 4 类(图 5), 4 类资源的农艺性状均值和变异系数详见表 4。I 类有 26 份资源, 来自成都市、达州市、广安市等 13 个市(州)。这类资源的分枝数、结荚节数、单株荚数、单株粒数、每荚粒数、单株粒重和百粒重等 7 个性状的变异系数在 13.66~43.40%之间, 每荚粒数的变异系数最大; 除生育日数外, 株高变异系数最小(6.91%)。II 类有 15 份资源, 来自绵阳市、阿坝州、凉山州等 10 个市(州)。这类资源的主茎节数、分枝数、结荚节数、单株荚数、荚长、单株粒数、每荚粒数和单株粒重等 8 个性状变异系数在 15.02~40.18%之间, 结荚节数的变异系数最大; 除生育日数外, 荚宽变异系数最小(5.25%)。III 类含 19 份资源, 来自阿坝州、甘孜州、广安市等 10 个市(州), 阿坝州、甘孜州资源主要分布在这一类(8 份)。这类资源主茎节数、分枝数、结荚节数、单株荚数、荚长、单株粒数、每荚粒数和单株粒重等 8 个性状的变异系数在 19.42~30.41%之间, 结荚节数、单株荚数、单株粒重的变异系数较大, 分别为 29.22%、30.41%、29.58%; 除生育日数外百粒重变异系数最小。IV 类含有 22 份资源, 来自南充市、阿坝州、眉山市等 13 个市(州), 南充份数最多(4 份)。这类资源除生育日数和荚宽外, 株高、主茎节数、分枝数等 11 个性状的变异系数较大, 在 11.11~38.79%之间, 单株荚数、每荚粒数、结荚节数的变异系数较大, 分别为 38.79%、37.82%、37.42%; 除生育

日数外荚宽变异系数最小（8.73%）。13份春播区资源分布在II、III类中，占春播区资源总数的65%。

从均值来看，I类资源3个产量正相关性状即结荚节数、单株荚数、单株粒数最多，单株粒重亦最大；分枝数最少，荚长、荚宽、百粒重最小。II类资源每荚粒数最少，1个产量正相关性状即百粒重最大。III类资源株高、荚长最大，主茎节数最多，有效分枝最少，2个产量正相关性状即结荚节数、单株荚数最小，单株粒重亦最小。IV类资源有效分枝、结荚节数、单株荚数和单株粒数等4个产量正相关性状仅次于I类资源，株高最矮、主茎节数、荚宽最小。



由内到外不同圈层分别代表生育日数、百粒重、单株粒重、每荚粒数、单株粒数、荚宽、荚长、单株荚数、结荚节数、有效分枝、分枝数、主茎节数和株高

Different circles from the inside to outside represent growth period, 100-seed weight, seed weigh per plant, seeds per pod, seeds per plant, pod width, pod length, pods per plant, pod nodes number, effective branches number, primary branches number, nodes number of the main stem and plant heigh, respectively.

图5 82份蚕豆农艺性状的聚类分析结果

Fig. 5 Cluster analysis results of 82 faba bean's agronomic traits

表4 聚类分析4个类群农艺性状的均值与变异系数

Table 4 Mean and variable coefficient of four groups agronomic traits by cluster analysis

性状 Traits	I		II		III		IV	
	均值 Mean	变异系数 (%) CV	均值 Mean	变异系数 (%) CV	均值 Mean	变异系数 (%) CV	均值 Mean	变异系数 (%) CV
株高 (cm) Plant height	110.68	6.91	108.97	8.59	119.45	6.94	94.22	11.11

主茎节数 Nodes number of the main stem	18.40	9.82	19.25	15.02	20.74	19.42	17.43	12.81
分枝数 Primary branches number	3.24	15.60	3.40	20.65	3.27	21.77	3.50	24.80
有效分枝 Effective branches number	2.82	17.10	2.88	18.71	2.67	21.60	2.91	25.11
结荚节数 Pod nodes number	10.98	29.33	8.93	40.18	7.98	29.22	9.92	37.42
单株荚数 Pods per plant	12.15	30.47	9.69	37.88	8.71	30.41	10.97	38.79
荚长 (cm) Pod length	7.18	8.91	7.68	12.72	7.80	24.16	7.32	11.73
荚宽 (cm) Pod width	1.67	8.93	1.89	5.25	1.78	7.87	1.70	8.73
单株粒数 Seeds per plant	22.80	20.39	13.84	24.14	13.96	26.00	15.81	28.33
每荚粒数 Seeds per pod	2.11	43.40	1.57	28.34	1.67	21.41	1.63	37.82
单株粒重 (g) Seed weigh per plant	20.69	25.46	20.56	23.22	16.50	29.58	17.11	33.38
百粒重 (g) 100-seed weight	89.70	13.66	146.82	9.71	115.39	6.22	105.70	13.43
生育日数 (d) Growth period	176.10	0.28	176.70	0.58	176.11	0.26	176.55	0.79

2.5 蚕豆种质资源农艺性状主成分分析

对蚕豆种质资源的农艺性状进行主成分分析（表 5），PCA1~PCA5 的特征值 >1 或接近 1，累计百分率为 79.585%、接近 80%，综合反映了 82 份蚕豆资源 13 个农艺性状的绝大部分信息。PCA1 百分率最大，为 29.251%，从特征向量值可以看出有效分枝（0.411）、结荚节数（0.485）、单株荚数（0.486）对 PCA1 的贡献较大，这 3 个性状均为产量正相关性状。PCA2 特征值为 2.408、百分率为 18.526%，荚长（0.419）、荚宽（0.538）、百粒重（0.510）等 3 个性状对 PCA2 贡献较大，贡献最大的是荚宽。PCA3 特征值为 1.906、百分率为 14.663%，单株粒数（0.474）、每荚粒数（0.496）、单株粒重（0.414）对 PCA3 贡献较大，贡献最大的是每荚粒数，主要反映 2 个产量正相关性状和 1 个产量负相关性状。PCA4 特征值为 1.246、百分率为 9.586%，株高（-0.519）、主茎节数（-0.505）、生育日数（0.551）等 3 个性状贡献较大，贡献最大的是生育日数，其中株高、结荚节数的效应为负。PCA5 特征值为 0.983、接近 1，百分率为 7.560%，在反映性状的综合信息中不能忽视；主茎节数（0.572）、生育日数（0.621）在该主成分中贡献较大，其中生育日数贡献最大。

表 5 蚕豆种质资源农艺性状主成分分析结果

Table 5 Principal component analysis of agronomic traits of faba bean germplasm

性状 Traits	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	PCA5
株高 Plant height	0.007	0.318	0.314	-0.519	0.116
主茎节数 Nodes number of the main stem	-0.125	0.243	0.023	-0.505	0.572
分枝数 Primary branches number	0.223	0.056	-0.391	-0.004	0.170
有效分枝 Effective branches number	0.411	0.132	-0.263	0.030	0.054
结荚节数 Pod nodes number	0.485	0.035	-0.003	-0.037	-0.051
单株荚数 Pods per plant	0.486	0.026	-0.002	-0.015	0.051
荚长 Pod length	0.015	0.419	0.132	0.024	-0.377
荚宽 Pod width	-0.100	0.538	0.075	0.176	-0.246
单株粒数 Seeds per plant	0.346	-0.156	0.474	0.059	0.099

每荚粒数 Seeds per pod	-0.204	-0.172	0.496	0.144	0.011
单株粒重 Seed weigh per plant	0.315	0.179	0.414	0.225	0.134
百粒重 100-seed weight	-0.094	0.510	-0.116	0.253	0.080
生育日数 Growth period	-0.121	0.082	0.002	0.551	0.621
特征值 Eigenvalue	3.803	2.408	1.906	1.246	0.983
百分率 (%) Percentage	29.251	18.526	14.663	9.586	7.560
累计百分率 (%) Cumulative percentage	29.251	47.776	62.439	72.025	79.585

2.6 蚕豆资源的综合评价

以主成分对应的百分率作为权重，将标准化后的 13 个农艺性状值代入 5 个主成分得到 82 份蚕豆资源的综合得分 F 值^[17]，即 $F=0.293F_1+0.185F_2+0.147F_3+0.096F_4+0.076F_5$ 。以 F 值的大小综合评价 82 份蚕豆种质资源的农艺性状（表 6），F 值越大，农艺性状综合表现越好。从表 6 可以看出，综合得分 >1 的资源有小葫豆（P510185045）、大白胡豆（P511124033）、胡豆（2019515185）、泸宁蚕豆（P513433001）、胡豆（P511011008）、本地胡豆（P513225016）、本地胡豆（2019516042）份等 7 份，其中泸宁蚕豆（P513433001）、本地胡豆（P513225016）来自于春播区、其余 5 份来自于秋播区，本地胡豆（P513225016）综合得分最高。结合聚类分析结果，7 份优异资源 2 份来自 I 类即小葫豆（P510185045）、本地胡豆（2019516042），2 份来自 II 类即大白胡豆（P511124033）、泸宁蚕豆（P513433001）和 3 份来自 IV 类即胡豆（2019515185）、胡豆（P511011008）、本地胡豆（P513225016）。

表 6 82 份蚕豆种质资源综合得分

Table 6 Comprehensive scores of 82 faba bean germplasm

编号	综合得分	位次	类群	编号	综合得分	位次	类群
No.	Synthesis score	Ranking	Group	No.	Synthesis score	Ranking	Group
SJ01	0.00	41	4	SJ42	-1.37	80	3
SJ02	0.01	39	2	SJ43	-0.03	44	2
SJ03	0.22	28	3	SJ44	0.60	12	4
SJ04	0.13	32	2	SJ45	-0.22	54	2
SJ05	-0.54	70	3	SJ46	-0.42	62	4
SJ06	-0.26	56	1	SJ47	0.68	11	2
SJ07	0.35	24	1	SJ48	-0.39	60	4
SJ08	-0.49	65	3	SJ49	-1.74	82	4
SJ09	0.16	30	1	SJ50	0.16	31	1
SJ10	-0.12	51	4	SJ51	0.10	35	4
SJ11	-1.07	76	1	SJ52	0.30	27	4
SJ12	0.10	36	1	SJ53	0.42	22	1
SJ13	-0.10	49	3	SJ54	-0.44	64	4
SJ14	0.33	25	3	SJ55	-0.42	61	4
SJ15	0.49	18	3	SJ56	-0.35	59	4

SJ16	0.10	34	3	SJ57	1.08	6	4
SJ17	-0.57	71	3	SJ58	0.11	33	4
SJ18	-0.02	42	3	SJ59	-1.26	78	4
SJ19	-0.28	57	2	SJ60	0.70	10	3
SJ20	-1.01	75	3	SJ61	-0.44	63	4
SJ21	0.56	14	1	SJ62	0.56	15	4
SJ22	-0.92	74	3	SJ63	-0.09	47	2
SJ23	-0.06	46	3	SJ64	-1.10	77	4
SJ24	-0.09	48	3	SJ65	-0.26	55	4
SJ25	0.38	23	1	SJ66	1.11	5	2
SJ26	-0.50	66	1	SJ67	0.53	17	1
SJ27	-0.04	45	1	SJ68	1.29	4	4
SJ28	-0.32	58	3	SJ69	-0.02	43	2
SJ29	0.06	38	1	SJ70	-0.57	72	2
SJ30	0.08	37	1	SJ71	0.20	29	2
SJ31	0.00	40	1	SJ72	0.46	20	1
SJ32	-0.54	69	4	SJ73	-0.50	67	1
SJ33	0.55	16	1	SJ74	0.48	19	1
SJ34	0.95	9	1	SJ75	-0.11	50	2
SJ35	0.45	21	1	SJ76	-0.74	73	1
SJ36	-0.19	53	1	SJ77	-1.60	81	4
SJ37	1.35	3	1	SJ78	-1.32	79	3
SJ38	0.33	26	3	SJ79	0.57	13	1
SJ39	-0.53	68	2	SJ80	-0.12	52	3
SJ40	1.48	2	2	SJ81	1.65	1	4
SJ41	0.98	8	2	SJ82	1.06	7	1

3 讨论

中国是世界蚕豆第一生产大国，据 FAOSTAT 数据显示^[18]，2023 年中国蚕豆收获面积 167.07 万公顷，总产 378.15 万吨，占世界总面积和总产的 43.22%、39.38%，均居世界首位。我国蚕豆因适应不同的生态环境而表现出丰富的遗传多样性^[19-20]，因此，鉴定评价筛选蚕豆种质资源是优异种质资源有效利用、选育蚕豆新品种的基础。82 份蚕豆种质资源收集自四川海拔 223.0~3419.0 m、经纬度跨度为 100.2~115.3 °E、26.3~34.2 °N 的区域。四川蚕豆在生产上分为秋播区和春播区，春播区主要在甘、阿、凉三州地区，该区域平均海拔高度 2000 m 以上^[11]。本文鉴定的种质资源中秋播区资源较多，主要分布在海拔 500 m 以下、经纬度跨度在 104~106 °E、30~32 °N 之间。四川是蚕豆资源遗传多样性较为丰富的省份之一^[5]，作者鉴定的 82 份蚕豆种质资源在株高、百粒重、叶形、鲜茎色、赤斑病抗性及褐斑病抗性遗传多样性丰富，表明这 6 个性

状是田间观察记载区分蚕豆种间差异的主要性状。赤斑病是危害我国东南沿海和长江流域蚕豆产区的重要病害，产量损失可达 50%~100%^[21]。本文鉴定的蚕豆种质资源赤斑病抗性为抗或中抗的有 42 份，达到抗赤斑病的只有 2 份，因此，创制抗病材料、选育抗病品种以及推广抗病新品种是提高我省蚕豆整体产量水平的途径之一。

蚕豆农艺性状间存在丰富的遗传变异，主要是百粒重、单株有效籽粒、荚长、荚宽、单荚粒数、单株有效荚、单株产量等 7 个性状遗传变异丰富，单株产量变异系数最大，单株有效籽粒、单株有效荚及百粒重可作为选育高产蚕豆品种的指导目标性状^[22]。前人研究结果发现蚕豆单株粒数、单株荚数、分枝数和有效分枝的变异程度显著，具有较高的遗传改良潜力^[23-24]。在本研究中，除生育日数和荚宽外，每荚粒数、荚长和分枝数等 11 个性状的变异系数在 11.70%~38.39%之间，每荚粒数变异系数最大，该结果与石晗等^[6]结果相似。欧阳裕元等^[25]发现单株荚数、单株粒数、株高、结荚节数与单株产量相关系数较大，在选育高产蚕豆时应重点关注这些性状的筛选。相关分析结果表明，株高、百粒重、有效分枝、结荚节数、单株荚数、单株粒数与单株粒重呈显著或极显著正相关关系，这与朱吉凤等^[26]研究结果一致。结合性状聚类分析结果，分枝数、有效分枝、结荚节数、单株荚数、单株粒数和单株粒重聚为一类，因此在将资源作为高产亲本材料用时，需重点考虑分枝数、有效分枝、结荚节数、单株荚数、单株粒数和单株粒重等 6 个性状。聚类分析常用于大量样本的数据分析^[27-29]，本文聚类分析将 82 份蚕豆资源分为四类，I 类资源分枝数、结荚节数、单株荚数、单株粒数、每荚粒数、单株粒重和百粒重等 7 个性状变异较丰富，产量正相关性状综合表现最好，IV 类次之，这两类有 30 份资源中抗或抗赤斑病，因此具有较高的改良利用价值。II 类资源结荚节数变异较大，百粒重最重；III 类资源结荚节数、单株荚数和单株粒重变异较大，产量正相关性状综合表现较差；这两类中抗或抗赤斑病的资源仅有 12 份。65%的春播区资源分布在 II、III 类群中，因此春播区资源的综合表现较秋播区差，这可能与春播区资源在秋播区进行鉴定时种植环境差异较大有关。主成分分析用降维的方法用于关键农艺性状评价和优异资源筛选^[12, 17, 30]，作者采用该方法将参试资源的大量农艺性状信息综合反映在 5 个主成分中，累计百分率达 79.585%。有效分枝、结荚节数、单株荚数对百分率占比最大（29.251%）的第一主成分贡献最大，表明这 3 个性状为优异资源评价的关键农艺性状。主成分加权得分综合评价筛选出 7 份优异资源，阿坝县九寨沟本地胡豆（P513225016）综合得分最高，说明该份资源的综合表现最好。7 份优异资源中 5 份来自于秋播区，说明春播区优异资源较少。综合考量聚类分析与主成分分析结果，I、IV 类资源可为高产蚕豆新品种的选育提供备选材料。

综上所述，本文系统阐释了 82 份四川蚕豆地方种质资源农艺性状的遗传多样性，明确了选择抗赤斑病品种是提升全省蚕豆产量水平的途径之一，筛选了阿坝县九寨沟本地胡豆（P513225016）等 7 份优异种质

资源，为蚕豆地方资源的保护、挖掘以及新种质创制与品种培育提供了参考依据。

参考文献

- [1] 宗绪晓, 包世英, 关建平. 蚕豆种质资源描述规范和数据标准. 第1版. 北京: 中国农业出版社, 2006: 1
Zong X X, Bao S Y, Guan J P. Descriptors and data standard for faba bean (*Vicia faba* L.). 1st edition. Beijing: China Agricultural Press, 2006: 1
- [2] 包世英, 宗绪晓, 朱振东. 蚕豆生产技术. 第1版. 北京: 北京教育出版社, 2016: 11-15
Bao S Y, Zong X X, Zhu Z D. Production technology of faba bean. 1st edition. Beijing: Beijing Education Press, 2016: 11-15
- [3] 程须珍, 田静, 王丽侠, 陈红霖. 中国食用豆类品种志(第二辑). 第1版. 北京: 科学出版社, 2023: 1-7
Cheng X Z, Tian J, Wang L X, Chen H L. Records of edible bean varieties in China (2nd series). 1st edition. Beijing: Science Press, 2023: 1-7.
- [4] 杨武云, 吕季娟, 项超. 中国作物种质资源科学调查与研究报告(四川卷). 第1版. 北京: 科学出版社, 2024: 111-112, 116-117
Yang W Y, Lyu J J, Xiang C. Scientific investigation and research report on crop germplasm resources in China (Sichuan Volume). 1st edition. Beijing: Science Press, 2024: 111-112, 116-117.
- [5] 张红岩, 敏玉霞, 滕长才, 彭小星, 陈志凯, 周仙莉, 娄树宝, 刘玉皎. 利用130K液相芯片分析中国蚕豆种质资源遗传多样性. 作物学报, 2024, 50(8): 1989-2000
Zhang H Y, Min Y X, Teng C C, Peng X X, Chen Z K, Zhou X L, Lou S B, Liu Y J. Genetic diversity analysis of Chinese faba bean (*Vicia faba* L.) germplasm resources using 130K liquid phase chips. *Acta Agronomica Sinica*, 2024, 50(8): 1989-2000
- [6] 石晗, 陈子义, 陈珏, 邹丹蓉. 54份蚕豆种质资源主要农艺性状的综合鉴定与评价. 江苏农业科学, 2023, 51(20): 67-76
Shi H, Chen Z Y, Chen Y, Zou D Y. Comprehensive identification and evaluation of main agronomic traits of 54 faba bean germplasm resources. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2023, 51(20): 67-76
- [7] 崔永梅, 李洁, 张丽, 姚有华, 姚晓华, 吴昆仑. 青稞种质资源抗旱性鉴定评价. 植物遗传资源学报, 2025, 26(3): 519-529
Cui Y M, Li J, Zhang L, Yao Y H, Yao X H, Wu K L. Drought-resistance evaluation of Qingke germplasm resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2025, 26(3): 519-529
- [8] 辛佳佳, 张南峰, 涂玉琴, 张洋, 关峰, 汤洁. 江西食用豆种质资源调查分析与优异资源筛选. 植物遗传资源学报, 2025, 26(3): 441-454
Xin J J, Zhang N F, Tu Y Q, Zhang Y, Guan F, Tang J. Investigation and analysis of edible bean germplasm resources in Jiangxi and screening of excellent resources. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2025, 26(3): 441-454.
- [9] 范元芳, 王娴淑, 杨梅, 钟小娟, 项超. 四川省大豆种质资源收集与鉴定评价. 植物遗传资源学报, 2024, 25(6): 931-944
Fan Y F, Wang X S, Yang M, Zhong X J, Xiang C. Collection, identification and evaluation of soybean germplasm resources in Sichuan province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2024, 25(6): 931-944
- [10] 杨梅, 陈新, 袁星星, 鲜东锋, 余东梅, 项超. 不同除草剂对蚕豆田间杂草及蚕豆生长和根瘤的影响. 中国农学通报, 2020, 36(25): 106-114
Yang M, Chen X, Yuan X X, Xian D F, Yu D M, Xiang C. The influence of several herbicides on weeds and broad bean growth and nodules in field. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2020, 36(25): 106-114
- [11] 曾超. 基于典型地形指标和地貌实体单元的四川省地貌形态自动分类及分区. 山地学报, 2021, 39(4): 587-599
Zeng C. Classification and regionalization of geomorphological types based on typical terrain indicators and landform unit for Sichuan province, China. *Mountain Research*, 2021, 39(4): 587-599
- [12] 李鸿雁, 李悦焯, 李俊, 武自念, 黄帆, 朱琳, 郭茂伟, 李志勇, 辛霞. 内蒙古143份冰草属种质资源表型多样性分析与综合评价. 植物遗传资源学报, 2024, 25(08): 1254-1267
Li H Y, Li Y X, Li J, Wu Z N, Huang F, Zhu L, Guo M W, Li Z Y, Xin X. Phenotypic diversity analysis and comprehensive evaluation of 143 agropyron germplasm resources in Inner Mongolia, China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2024, 25(08): 1254-1267
- [13] 鲜东锋, 杨梅, 杨秀燕, 余东梅, 项超. 蚕豆新品种成胡23的选育及栽培技术. 农业科技通讯, 2021, 4: 276-278
Xian D F, Yang M, Yang X Y, Yu D M, Xiang C. Breeding and cultivation techniques of new broad bean variety Chenghu 23. *Agricultural Science and Technology Communication*, 2021, 4: 276-278
- [14] 杨梅, 鲜东锋, 范元芳, 杨秀燕, 项超. 优质长荚蚕豆新品种成胡24的选育. 中国种业, 2022(5): 91-93
Yang M, Xian D F, Fan Y F, Yang X Y, Xiang C. Breeding of a new high-quality and long pod broad bean variety Chenghu 24. *China Seed Industry*, 2022(5): 91-93
- [15] 鲜东锋, 余东梅, 杨梅, 项超. 蚕豆新品种成胡22选育及栽培技术. 农业科技通讯, 2019, 11: 300-301
Xian D F, Yu D M, Yang M, Xiang C. Breeding and cultivation techniques of new broad bean variety Chenghu 22. *Agricultural Science and Technology*

Communication, 2019, 11: 300-301

- [16] 李雄波, 范智义, 杨梅, 邓维琴, 项超, 李恒. 不同品种蚕豆发酵郫县豆瓣甜瓣子适宜性评价. 食品科学, 2022, 43(23): 49-56
Li X B, Fan Z Y, Yang M, Deng W Q, Xiang C, Li H. Adaptability evaluation of different broad bean cultivars in broad bean Paste-Meju fermentation. Food Science, 2022, 43(23): 49-56
- [17] 饶庆琳, 姜敏, 刘选轶, 吕建伟, 胡廷会, 成良强, 王金花, 王军. 贵州 296 份花生种质资源遗传多样性及综合评价. 植物遗传资源学报, 2024, 25(3): 373-385
Rao Q L, Jiang M, Liu X Y, Lv J W, Hu T H, Cheng L Q, Wang J H, Wang J. Genetic diversity and comprehensive evaluation of 296 peanuts germplasm resources in Guizhou. Journal of Plant Genetic Resources, 2024, 25(3): 373-385
- [18] 联合国粮农组织数据库 (FAOSTAT) : <https://www.fao.org/faostat>
United Nations Food and Agriculture Organization database (FAOSTAT): <https://www.fao.org/faostat>
- [19] 杨新, 吕梅媛, 胡朝芹, 杨峰, 王玉宝, 代正明, 于海天, 郑爱清, 张玉荣, 唐永生, 王丽萍, 李琼, 何玉华. 低纬高原生态条件下环境与基因型对蚕豆产量的影响. 土壤与作物, 2024, 13(04): 479-490.
Yang X, Lv M Y, Hu C Q, Yang F, Wang Y B, Dai Z M, Yu H T, Zheng A Q, Zhang Y R, Tang Y S, Wang L P, Li Q, He Y H. Effects of environment and genotype on grain yields of faba bean under ecological conditions of low latitude plateau. Soils and Crops, 2024, 13(04): 479-490.
- [20] 杨生华, 邵扬, 李文俊, 郭延平. 国内春蚕豆种质资源种子表型性状多样性分析. 贵州农业科学, 2022, 50(10): 1-6
Yang S H, Shao Y, Li W J, Guo Y P. Diversity analysis of phenotypic traits of germplasm resources of spring *Vicia faba* seeds in China. Guizhou Agricultural Sciences, 2022, 50(1): 1-6
- [21] 龙珏臣, 杜成章, 王萍, 武云霞, 张志良, 邓豪, 王强, 李沅根, 唐明双, 张继君. 蚕豆种质资源抗赤斑病鉴定与评价. 植物保护, 2025, 51(1): 218-225
Long J C, Du C Z, Wang P, Wu Y X, Zhang Z L, Deng H, Wang Q, Li Y G, Tang M S, Zhang J J. Identification and evaluation of faba bean germplasm resources for resistance to chocolate spot. Plant Protection, 2025, 51(1): 218-225
- [22] 敏玉霞, 张红岩, 毛玉萍, 陈玉花, 刘玉皎. 外引蚕豆种质资源产量相关性状的遗传变异分析. 中国种业, 2023, (10): 75-79
Min Y X, Zhang H Y, Mao Y P, Chen Y H, Liu Y J. Genetic variation analysis of yield traits of foreign broad bean germplasm resources. China Seed Industry, 2023, (10): 75-79.
- [23] 江贵荣, 周丙月, 李文俊, 郝罗, 王贤胜, 杨生华, 李龙, 郭延平, 邵扬, 王玉萍. 蚕豆种质资源农艺性状和 SSR 标记的遗传多样性分析. 分子植物育种, 2024, <https://link.cnki.net/urlid/11.1808.S.20240930.1130.002>
Jiang G R, Zhou B Y, Li W J, Hao L, Wang X S, Yang S H, Li L, Guo Y P, Shao Y, Wang Y P. Agronomic traits and SSR markers of faba bean germplasm resources analysis of genetic diversity. Molecular Plant Breeding, 2024, <https://link.cnki.net/urlid/11.1808.S.20240930.1130.002>
- [24] 李文俊, 郭延平, 杨生华, 邵扬. 513 份蚕豆种质资源主要农艺性状遗传多样性分析. 作物杂志, 2024, <https://link.cnki.net/urlid/11.1808.S.20240930.1130.002>
Li W J, Guo Y P, Yang S H, Shao Y. Analysis of genetic diversity of main agronomic traits of 513 faba bean germplasm resources. Crops, 2024, <https://link.cnki.net/urlid/11.1808.S.20240930.1130.002>
- [25] 欧阳裕元, 余东梅, 杨梅. 蚕豆主要农艺性状与单株产量的相关及途径分析. 江苏农业学报, 2016, 32(4): 763-768
Ou Y Y Y, Yu D M, Yang M. Path analysis and correlation analysis between agronomic traits and yield in broad bean. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2016, 32(4): 763-768
- [26] 朱吉凤, 周熙荣, 王伟荣, 孙滨, 雷蕾, 曹黎明. 上海蚕豆地方资源鉴定评价与遗传多样性分析. 上海农业学报, 2024, 40(2): 1-6
Zhu J F, Zhou X R, Wang W R, Sun B, Lei L, Cao L M. Evaluation and genetic diversity analysis of Shanghai faba bean germplasm resources. Acta Agriculturae Shanghai, 2024, 40(2): 1-6
- [27] 范元芳, 王娴淑, 何芳, 吕季娟, 陶磊, 刘波, 郭佳, 项超. 四川省大豆种质资源表型性状鉴定及综合评价. 大豆科学, 2024, 43(3): 295-302
Fan Y F, Wang X S, He Fang, Lv J J, Tao L, Liu B, Guo J, Xiang C. Phenotypic identification and evaluation of soybean germplasm resources in Sichuan province. Soybean Science, 2024, 43(3): 295-302.
- [28] 陈志凯, 周仙莉, 张红岩, 滕长才, 侯万伟. 320 份蚕豆蛋白质含量的 SSR 关联分析. 作物学报, 2024, 50(11): 2775-2786
Chen Z K, Zhou X L, Zhang H Y, Teng C C, Hou W W. SSR association analysis of the protein content of 320 faba bean germplasm resources. Acta Agronomica Sinica, 2024, 50(11): 2775-2786
- [29] 金文海, 王慧, 范惠玲, 张红岩, 李萍, 侯万伟, 滕长才, 武学霞. 107 份青海高原耐盐碱蚕豆种质筛选及评价. 种子, 2024, 43(10): 20-26
Jin W H, Wang H, Fan S L, Zhang H Y, Li P, Hou W W, Teng C C, Wu X X. Screening and evaluation of 107 Salt-alkali tolerant *Vicia faba* germplasm resources from

the Qinghai Plateau. *Seeds*, 2024, 43(10): 20-26

- [30] 范惠玲, 白生文, 路妍, 彭小星, 周仙莉, 张红岩, 滕长才, 武学霞, 刘玉皎. 155 份蚕豆种质资源全生育期耐盐碱性鉴定与综合评价. *作物学报*, 2024, 50(12): 3035-3045
- Fan H L, Bai S W, Lu Y, Peng X X, Zhou X L, Zhang H Y, Teng C C, Wu X X, Liu Y J. Identification and comprehensive evaluation of salt-alkali tolerance throughout the growth period of 155 faba bean germplasm. *Acta Agronomica Sinica*, 2024, 50(12): 3035-3045