

江西食用豆种质资源调查分析与优异资源筛选

辛佳佳¹, 张南峰¹, 涂玉琴¹, 张洋¹, 关峰², 汤洁¹

(¹江西省农业科学院作物研究所, 南昌 330200; ²江西省农业科学院蔬菜花卉研究所, 南昌 330200)

摘要: 对 1307 份江西地方食用豆种质资源进行调查分析, 江西食用豆种质资源分布在 11 个地级市的 89 个县(市、区), 其中上饶市、宜春市、赣州市、九江市、吉安市和抚州市资源数量较多; 江西食用豆资源分布数量随着海拔的升高而减少。江西食用豆种质资源涵盖 7 个属 12 个种, 豇豆资源生态适应性强、分布区间广、数量最多; 除豇豆外, 江西低海拔地区绿豆、菹豆、小豆资源较为丰富, 中高海拔地区普通菜豆、利马豆资源较为丰富。各地市食用豆多样性指数较高的都集中在海拔 0~500 m 内; 上饶市、宜春市、九江市、吉安市和萍乡市等地的豇豆、绿豆、饭豆和豌豆资源较为丰富, 鹰潭市、新余市、景德镇市和南昌市等地的豇豆、绿豆资源较为丰富, 赣州市豇豆、菹豆、黎豆资源较为丰富, 抚州市豇豆、饭豆、普通菜豆资源较为丰富。通过表型鉴定, 着重对数量最多的 449 份豇豆资源进行了质量性状和数量性状分析; 8 个质量性状的多样性指数依次为粒色>嫩荚色>花色>叶片形状>荚形>成熟荚色>粒形>生长习性; 数量性状中英长和百粒重的变异系数最大, 具有较大的改良潜力。根据农艺性状、品质、抗性和产量等综合表现, 筛选出不同作物种类的优异种质资源 30 份; 这些食用豆优异种质资源具有较大的挖掘潜力, 对于加速江西食用豆种质资源的创新利用具有重要意义。

关键词: 江西; 食用豆; 种质资源; 鉴定评价; 优异种质

Investigation and Analysis of Edible Bean Germplasm Resources in Jiangxi and Screening of Excellent Resources

XIN Jiajia¹, ZHANG Nanfeng¹, TU Yuqin¹, ZHANG Yang¹, GUAN Feng², TANG Jie¹

(¹ Institute of Crop Sciences, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200;

² Institute of Vegetable and Flower, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200)

Abstract: 1307 local edible bean germplasm resources in Jiangxi were investigated and analyzed. The edible bean germplasm resources in Jiangxi were distributed in 89 counties (cities and districts) of 11 prefecture-level cities, among which Shangrao City, Yichun City, Ganzhou City, Jiujiang City, Ji'an City and Fuzhou City had the largest number of resources. The distribution quantity of edible bean resources in Jiangxi decreased with the increase of altitude. The edible bean germplasm resources in Jiangxi Province cover 7 genera and 12 species. The cowpea resources have strong ecological adaptability, wide distribution area and the largest number. In addition to cowpea, the resources of mung bean, bean and adzuki bean are abundant in the low altitude areas of Jiangxi Province, and the resources of common bean and Lima bean are abundant in the middle and high altitude areas. The higher diversity index of edible beans in various cities is concentrated in the altitude of 0~500m; cowpea, mung bean, rice bean and pea resources were abundant in Shangrao City, Yichun City, Jiujiang City, Ji'an City and Pingxiang City. Cowpea and mung bean resources were abundant in Yingtan City, Xinyu City, Jingdezhen City and Nanchang City. Cowpea, bean and pea resources were abundant in Ganzhou City. Cowpea, rice bean and common bean resources were abundant in Fuzhou City. Through phenotypic identification, the qualitative and quantitative traits of 449 cowpea resources with the largest number were analyzed. The diversity indexes of the eight quality traits were in the order of grain color > tender pod color > flower color > leaf shape > pod shape > mature pod color > grain shape > growth habit. The variation coefficients of pod length and 100-seed weight were the largest in quantitative traits, which had great potential for improvement. According to the comprehensive performance of agronomic traits, quality, resistance and yield, 30 excellent germplasm resources of different crop species were selected. These excellent germplasm resources of edible beans have great potential for

收稿日期: 2024-06-13

网络出版日期:

URL:

第一作者研究方向为作物种质资源创新与利用研究, E-mail: xinjj2012@163.com

通信作者: 汤洁, 研究方向为作物种质资源创新与利用研究, E-mail: ttjiejie2003@163.com

基金项目: 第三次全国农作物种质资源普查与收集行动; 江西省旱作物种质资源繁殖更新、编目入库与创新利用 (JXXTX202101-02)

Foundation projects: The third National Survey and Collection of Crop Germplasm Resources; Reproduction, Cataloguing, Storage and Innovative Utilization of Dry Cropping Germplasm Resources in Jiangxi Province (JXXTX202101-02)

excavation, which is of great significance for accelerating the innovative utilization of edible bean germplasm resources in Jiangxi.

Key words: Jiangxi; edible bean; germplasm resources; evaluation and identification; special germplasm

食用豆是指以收获干、鲜籽粒和嫩荚为主的除大豆以外的各种豆类作物的总称，是当今人类栽培的三大类食用作物（即禾谷类、食用豆类和薯类）之一^[1]。中国是除印度外，世界上最大的食用豆类生产国，中国种植的食用豆种类最多最全，因此也是世界食用豆生产和贸易大国^[2-3]。食用豆类均能与根瘤菌共生固氮，可有效减少土壤氮素化肥用量，同时具有耐旱耐贫脊的优势，是耕地种养结合不可或缺的环保作物。食用豆生育期较短、易于栽培管理、地理适应性广，可与禾谷类、薯类作物间作、套种或混种，也是填闲救灾作物较好的选择^[4-5]。食用豆类营养价值高、用途广、收益好，属于高蛋白质型作物，是人类和畜禽的重要食物营养来源^[6]。随着人们生活水平的提高和对健康饮食的科学认知，人们对膳食营养和杂粮食品的消费需求越来越高，包含食用豆在内的杂粮市场发展前景广阔。因此，食用豆类在我国农业种植业结构优化、耕地种养结合和可持续利用、人民膳食营养和健康保障、畜牧业可持续发展等方面，都有着不可或缺的重要作用^[2,7]。

农作物种质资源调查收集与保护利用项目对促进我国食用豆种质资源的开发利用和食用豆产业发展起到了重要作用^[8]。1956-1957年和1979-1983年我国已经开展了2次全国农作物种质资源普查，但随着气候、自然环境、种植业结构、土地经营方式和老龄化严重等的变化，导致我国各地大量地方品种迅速消失，因此，加速农作物种质资源的保护工作非常严峻，且具有重要意义^[9]。江西位于长江中下游南岸，南岭以北，山水纵横，地形复杂，属于亚热带气候，雨量充沛，自然条件优越，土壤类型多样，生态环境多样，从而造就了江西省丰富多样的农作物种质资源^[10]。2017年~2023年，江西省“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”和“江西省农业种质资源普查”项目先后启动，展开了全省农作物种质资源的普查征集和调查收集，先后完成了91个普查县（市、区）与27个系统调查县（市、区）农作物种质资源普查收集工作，共收集到种类丰富的食用豆资源1307份。本文对收集到的江西省地方食用豆种质资源进行了来源分析、分类分析和田间表型鉴定，并筛选出一批优异食用豆种质资源，为江西地方食用豆种质资源的保护和利用奠定了坚实的物质基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所有食用豆资源来源于“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”，对江西省91个农业县（市、区）进行全面普查征集，并在普查基础上对其中27个农作物种质资源丰富的县（市、区）进行系统调查收集。

1.2 普查与调查方法

按照“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”安排，2017~2019年开展江西省农作物种质资源普查行动。每个普查县（市、区）征普查集地方农作物品种20份以上，每个调查县（市、区）调查收集农作物种质资源80份以上，每个县普查与调查至少3个乡镇，每个乡镇普查与调查至少3个行政村。所征集和收集的种质资源要求为当地地方品种、野生近缘种和种植年代20年以上的育成和引进品种；对征集和收集

资源的地理信息、特征特性、农民认知和栽培要点等信息进行调查记载，同时对种质资源样本和生长环境进行拍照。

1.3 田间表型鉴定

2019-2022年在江西省农业科学院高安试验基地对收集到的1307份食用豆种质资源分别进行了2年重复表型鉴定。暖季豆类（普通菜豆、利马豆、藕豆）于4月初播种，热季豆类（绿豆、小豆、饭豆、豇豆、黎豆、刀豆）于6月初播种，冷季豆类（蚕豆、豌豆）于11月中旬播种。普通菜豆、利马豆、藕豆、小豆、饭豆、豇豆、黎豆、刀豆、豌豆为双垄单行覆膜搭架栽培，垄宽60 cm，菜豆、小豆、饭豆、豇豆、豌豆每行定植30株，株距20~30 cm；利马豆、藕豆、黎豆、刀豆每行定植20株，株距30~40 cm；当植株长至25 cm以上搭人字架引蔓。绿豆、蚕豆为单垄四行露地栽培每行定植50株，垄宽120 cm，行距30 cm，株距20~25 cm。参照地方常规田间管理，生育期内每份种质随机选取10株进行性状调查，数据性状查参照国家农作种质资源平台发布的各种食用豆对应的种质资源描述规范。

1.4 数据分析

利用Microsoft Excel 2016和SPSS19.0软件进行各性状数据的统计和分析。进行多样性指数 H' 计算，多样性指数 $H' = -\sum P_i \times \ln P_i$ ，其中 P_i 为某性状表型出现的资源份数， \ln 为自然对数^[11]。

1.5 优异资源筛选

分析收集的食用豆种质资源的数据调查表（包括来源、种植年份、农民认知、优异性状等）、田间表型性状、农艺性状、品质和抗性等，综合评价其特征特性，根据综合优良表现筛选出优异种质资源和优异性状。

2 结果与分析

2.1 江西食用豆种质资源分布情况

2.1.1 地区分布 江西省食用豆资源分布极为广泛，经普查征集和调查收集得到1307份食用豆种质资源。这些食用豆资源覆盖江西省区域内11个地级市的89个县（市、区），只有2个县（市、区）未收集到食用豆资源；其中上饶258份、宜春206份、赣州206份、九江157份、吉安148份、抚州124份、萍乡73份，其它4个地级市食用豆资源数量相对较少，均在50份以下（图1）。食用豆资源数量较多的上饶市、宜春市、赣州市、九江市、吉安市和抚州市的地域面积较大，特别是山区较多造成经济较为不发达，交通不便利，农民出行较为不便，无法及时购买农作物种子新品种，且当地有长期保存自留种的习惯。

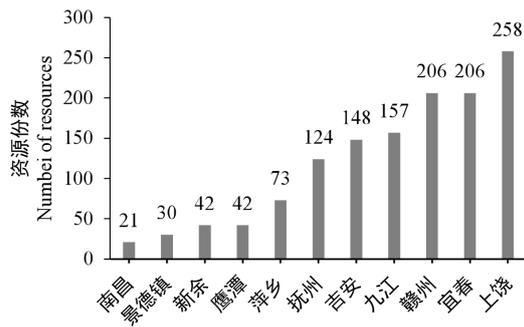


图 1 江西食用豆种质资源地区分布

Fig.1 Regional distribution of edible bean germplasm resources in Jiangxi

2.1.2 海拔分布 通过 GPS 定位对收集的 1307 份食用豆资源的来源地海拔进行分析，食用豆资源分布在海拔 0~960 m 范围内，资源分布数量随着海拔的升高而减少，其中分布在海拔 0~100 m 范围内食用豆资源数量最多，共 529 份，占比 40.5%；分布在海拔 100~200 m、200~300 m、300~400 m、400~500 m、500~600 m、600~700 m 范围内的食用豆资源数量依次为 317 份、193 份、140 份、63 份、28 份、23 份，占比分别为 24.3%、14.8%、10.7%、4.8%、2.1%、1.8%；海拔 700 m 以上零星分布（图 2）。结合各县（市、区）海拔高度分析，随着海拔高度的升高，市所辖县（市、区）、乡（镇）、村数量减少，从而使得收集的食用豆资源数量减少。

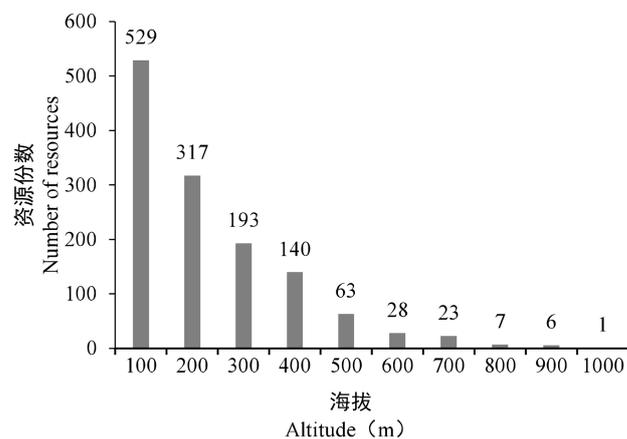


图 2 江西食用豆种质资源海拔分布

Fig.2 Altitude distribution of edible bean germplasm resources in Jiangxi

2.2 江西食用豆种质资源类型分析

2.2.1 作物学分类 对收集的 1307 份食用豆资源调查数据分析表明，这些资源在当地种植年份均在 20 年以上，有的甚至长达百年，经历了长期的生态环境适应和人工选择，形成了表型丰富且各具特色的地方资源。

根据宗绪晓的食用豆科属种分类方法，江西食用豆种质资源主要涵盖 7 个属 12 个种，7 个属分别为豇豆属 767 份、菜豆属 142 份、菹豆属 119 份、豌豆属 108 份、蚕豆属 87 份、刀豆属 54 份和黎豆属 30 份，分别占收集到的食用豆资源总量的 58.7%、10.9%、9.1%、8.3%、6.7%、4.1%和 2.3%。江西豇豆属食用豆资源最为丰富，豇豆、绿豆、饭豆、小豆构成了豇豆属食用豆的主要部分；菜豆属食用豆资源主要包括普通菜豆和利马豆，刀豆属资源分为刀豆和直立刀豆。所有食用豆资源中超过 100 份以上的有豇豆、绿豆、菹豆、豌豆和饭豆，分别占食用豆资源总量的 34.4%、11.5%、9.1%、8.3%和 8.0%。（表 1）。

表 1 江西食用豆种质资源科属种类别

Table 1 Types of edible bean germplasm resources in Jiangxi

科 Family	属 Genus	种 Species	资源份数 Number of resources	占比 (%) Proportion
豆科 Leguminosae	豇豆属 <i>Vigna</i> Savi	豇豆 <i>Vigna unguiculata</i> L.	449	34.4
	豇豆属 <i>Vigna</i> Savi	绿豆 <i>Vigna radiata</i> L.	150	11.5
	豇豆属 <i>Vigna</i> Savi	饭豆 <i>Vigna umbellata</i> Thunb.	105	8.0
	豇豆属 <i>Vigna</i> Savi	小豆 <i>Vigna angularis</i> Willd.)	63	4.8
	菹豆属 <i>Dolichos</i> L.	菹豆 <i>Lablab purpureus</i> L.	119	9.1
	豌豆属 <i>Pisum</i> L.	豌豆 <i>Pisum sativum</i> L.	108	8.3
	蚕豆属 <i>Vicia</i> L.	蚕豆 <i>Vicia faba</i> L.	87	6.7
	菜豆属 <i>Phaseolus</i> L.	普通菜豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	84	6.4
	菜豆属 <i>Phaseolus</i> L.	利马豆 <i>Phaseolus lunatus</i> L.	58	4.4
	刀豆属 <i>Canavalia</i> DC	刀豆 <i>Canavalia gladiata</i> (Jacq.) DC.	52	4.0
	刀豆属 <i>Canavalia</i> DC	直立刀豆 <i>Canavalia ensiformis</i> L.	2	0.2
	黎豆属 <i>Mucuna</i> Adans.	黎豆 <i>Mucuna pruriens</i> L.	30	2.3

2.2.2 栽培季节分类 食用豆资源按照栽培季节可分为暖季豆类（普通菜豆、利马豆、菹豆）、热季豆类（绿豆、小豆、饭豆、豇豆、黎豆、刀豆）和冷季豆类（蚕豆、豌豆）。江西食用豆资源中热季豆类资源最多，有 851 份，占收集到的食用豆资源总量的 65.1%；暖季豆类和冷季豆类资源分别为 261 份和 195 份，分别占收集到的食用豆资源总量的 20.0%和 14.9%（图 3）。

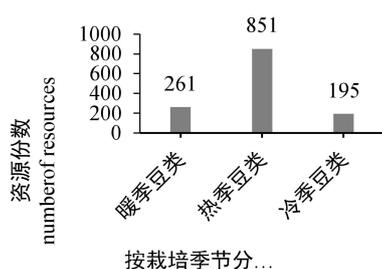


图 3 江西食用豆种质资源分类 I

Fig.3 Classification I of Edible Bean Germplasm Resources in Jiangxi

2.2.3 用途分类 食用豆按照食用部位可分为食籽粒类食用豆和食鲜荚类食用豆，食鲜荚类食用豆一般作为蔬菜；食籽粒类食用豆鲜籽粒可做蔬菜，干籽粒可作为粮食或休闲食品的加工原料。江西食用豆资源中食

籽粒类食用豆 660 份，占总食用豆资源的 50.5%；食鲜荚类食用豆 647 份，占总食用豆资源的 49.5%（图 4）。

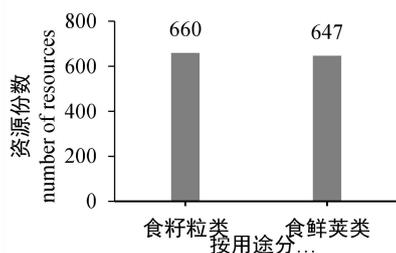


图 4 江西食用豆种质资源分类 II

Fig.4 Classification II of Edible Bean Germplasm Resources in Jiangxi

2.3 海拔、地区与食用豆种质资源多样性的相关性分析

2.3.1 不同食用豆种类在不同海拔区间的分布占比和相关性分析 对不同海拔区间的 12 种食用豆种质资源数量进行分析。从图 5 可知，在 0~700 m 海拔内的 7 个海拔区间内豇豆资源数量均排在第一位，可见江西豇豆资源丰富且适应性广。除豇豆外，0~100 m 海拔内绿豆资源数量较多，占 19%；100~400 m 海拔内的 3 个海拔区间菹豆资源数量均较多，占 9%~14%，400~500 m 海拔内小豆资源较多，占 13%；500~600 m 海拔内普通菜豆和利马豆资源数量较多，各占 18%；600~700 m 海拔内菹豆资源数量较多，占 13%；700~800 m 海拔内普通菜豆资源数量，占 43%；800~900 m 海拔内豇豆、绿豆、饭豆、小豆、菹豆和普通菜豆资源均匀分布，都只有 1 份；900~1000 m 海拔仅有 1 份小豆资源。综合来看，江西豇豆资源分布广泛，生态适应性强；除豇豆外，江西低海拔地区绿豆、菹豆、小豆资源较为丰富，江西中高海拔地区普通菜豆、利马豆资源较为丰富。

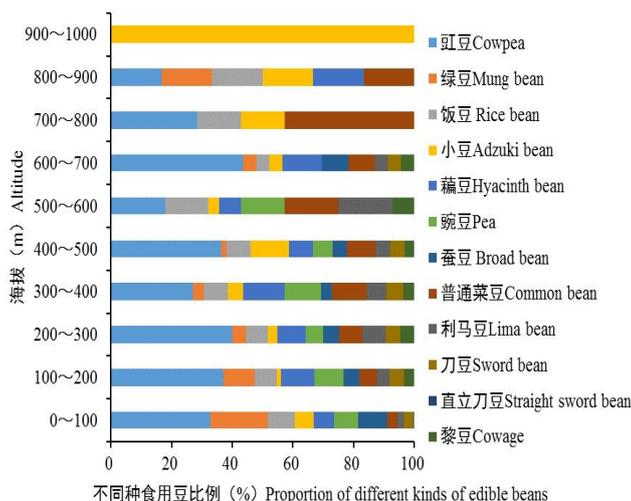


图 5 不同海拔区间食用豆种类分布比例

Fig.5 Distribution ratio of edible bean species in different altitudes

分析不同海拔区间 12 种食用豆资源数量之间的相关性（图 6）。结果表明，除黎豆外，豇豆、绿豆、饭豆等 11 种食用豆之间呈显著或极显著正相关，说明这些食用豆种质资源的分布规律较为一致，资源数量均

随着海拔的升高而降低；而黎豆资源与其它大部分食用豆资源相关性不显著或负相关，在 0~100 m 海拔内未收集到，但在 100~1000 m 海拔内分布规律同样是随着海拔的升高而降低。不同种食用豆之间呈极显著正相关最多的为豇豆、饭豆和豌豆，均与 9 种食用豆呈极显著正相关。

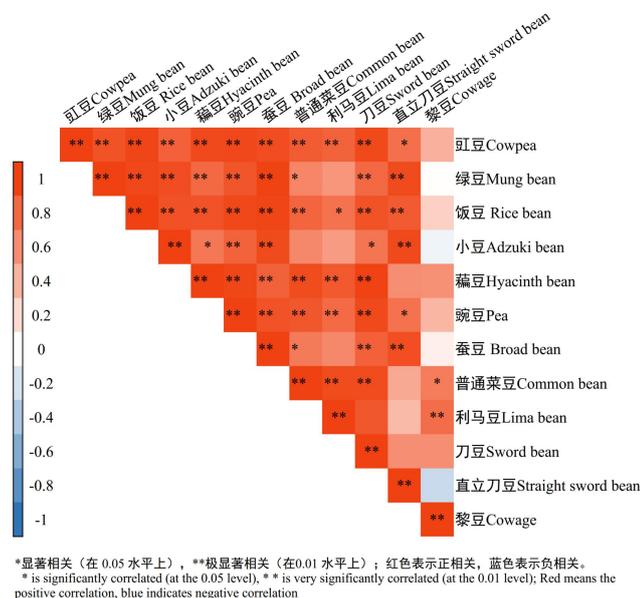


图 6 12 种食用豆种质资源在不同海拔区间的相关性分析
Fig.6 Correlation analysis of 12 edible bean germplasm resources at different altitudes

2.3.2 不同地区食用豆多样性指数的相关性分析 综合分析不同地区、不同海拔区间全省食用豆种质资源多样性指数 (表 2), 结果表明, 江西省食用豆种质资源多样性指数整体趋势随着海拔的升高而降低。上饶、宜春、赣州、九江、萍乡等山区较多地区的食用豆多样性指数高于南昌、新余、鹰潭、抚州等平原较多地区。不同地区在不同海拔区间的多样性指数差异较大。宜春、九江、抚州、鹰潭、景德镇、南昌等 6 个地区食用豆多样性指数最高的海拔区间是 0~100 m, 吉安、萍乡、新余等 3 个地区食用豆多样性指数最高的海拔区间是 100~200 m, 赣州地区食用豆多样性指数最高的海拔区间是 200~300 m, 上饶和九江地区食用豆多样性指数最高的海拔区间是 300~400 m, 总体来说, 各地区食用豆多样性指数较高的都集中在海拔 0~500 m 内。

表 2 不同地区、不同海拔的食用豆多样性指数

Table 2 Diversity index of edible beans in different regions and different altitudes

海拔 (m) Altitude	江西省 Jiangxi province	上饶 shangra o city	宜春 Yichun city	赣州 Ganzho u city	九江 Jiujiang g city	吉安 Jian city	抚州 Fuzho u city	萍乡 Pingxian g city	鹰潭 Yintan city	新余 Xiny u city	景德镇 Jingdezhe n city	南昌 Nanchan g city
0~100	2.11	2.12	2.07	2.03	2.08	1.99	1.80	2.11	1.77	1.92	1.88	1.83
100~200	2.01	2.10	2.18	0.00	1.89	1.84	1.70	1.75	1.71	1.77	1.92	1.76
200~300	2.06	2.00	1.73	1.93	1.88	2.00	1.46	1.92	0.00	1.94	0.64	0.00
300~400	2.03	1.81	2.01	1.98	1.43	1.51	1.61	1.49	0.69	0.00	0.00	0.00
400~500	2.14	2.15	1.92	1.92	1.89	1.56	0.69	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.05	1.71	1.55	1.44	1.32	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00	1.04

500~600	1.97	0.00	0.00	1.96	1.05	0.00	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
600~700	1.60	1.48	0.00	0.56	0.69	1.05	0.00	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00
700~800	1.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00
800~900	1.79	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
900~1000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

对不同地区的食用豆种质资源多样性指数进行相关性分析（图7），结果表明上饶市、宜春市、九江市、吉安市和萍乡市等5个地区的多样性指数相互之间均呈极显著或显著正相关；鹰潭市、景德镇市和南昌市等3个地区的多样性指数相互之间均呈极显著或显著正相关；抚州市和赣州市除与九江市的多样性指数呈显著正相关，与其他地区多样性指数相关性均不显著。结合食用豆种类来看，上饶市、宜春市、九江市、吉安市和萍乡市等地的豇豆、绿豆、饭豆和豌豆资源较为丰富，鹰潭市、新余市、景德镇市和南昌市等地的豇豆、绿豆资源较为丰富，赣州市豇豆、藎豆、黎豆资源较为丰富，抚州市豇豆、饭豆、普通菜豆资源较为丰富。

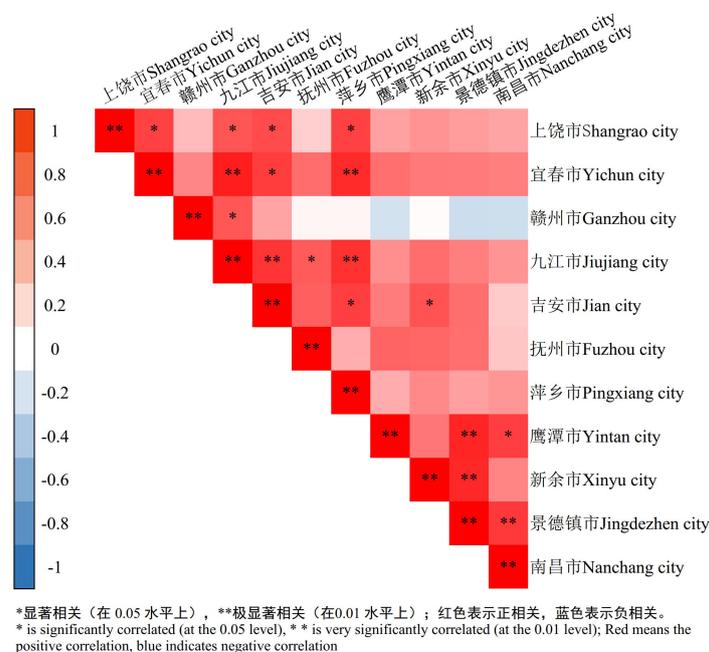


图 7 不同地区食用豆多样性指数的相关性分析
Fig.7 Correlation analysis of diversity index of edible beans in different regions

2.4 豇豆种质资源主要农艺性状鉴定评价

2.4.1 质量性状

对豇豆 8 个主要质量性状分析表明，江西豇豆种质资源表型性状类型丰富，各性状表现出不同程度的多样性（表 3）。449 份豇豆资源生长习性多样性指数为 0.22，以蔓生为主，占 95%；半蔓生和直立型分别占 1.3%和 3.3%。叶片形状多样性指数为 1.08，以卵圆形为主，占 51.2%；卵菱形和长卵菱形分别占 21.6%和 25.8%；还有少量的披针形，占 1.3%。花色多样性指数为 1.27，以紫色为主，占 57.2%；白色次之，占 20.9%；黄色、红色、白带紫和黄带紫分别占 8.2%、4.0%、6.6%和 3.1%。嫩荚色表型丰富，多样性指数为 1.58；其中绿色、浅绿色和紫红色较多，分别占 41.9%、21.6%和 11.8%；还有少量的嫩荚色为白色、深绿色、红色和斑纹。成熟荚色多样性指数为 0.74，以黄白色为主，占 78.8%；黄橙、浅红、褐色和

紫红分别占 3.1%、0.4%、7.4%和 10.2%。荚形多样性指数为 1.03，圆筒形和长圆条较多，分别占 45.0%和 42.1%；扁圆条形和弓形分别占 11.8%和 1.1%。粒形多样性指数为 0.69，肾形为主要表型，占 81.1%；椭圆、球形和矩圆分别占 4.0%、9.8%和 4.9%；还有 1 份粒形为近三角形。豇豆粒色性状表型最为丰富，多样性指数为 1.82；白色、红色、黑色和橙底褐花为主要类型，分别占 24.9%、19.4%、12.5%和 24.7%，还有少量粒色表现为橙色、紫红色、双色和橙底紫花。8 个质量性状的多样性指数依次为粒色>嫩荚色>花色>叶片形状>荚形>成熟荚色>粒形>生长习性。

表 3 江西豇豆种质资源质量性状鉴定分析

Table 3 Identification and analysis of quality traits of cowpea germplasm resources in Jiangxi

性状 Trait	类型 Type	资源份数 Number of resources	频率 Frequency (%)	多样性指数 H'	性状 Trait	类型 Type	资源份数 Number of resources	频率 Frequency (%)	多样性指数 H'
生长习性 Growth habit	直立	15	3.3	0.22	成熟荚色 Mature pod color	黄白	354	78.8	0.74
	半蔓生	6	1.3			黄橙	14	3.1	
	蔓生	428	95.3			浅红	2	0.4	
叶片形状 Leaf shape	卵圆形	230	51.2	1.08	荚形 Pod shape	褐	33	7.4	1.03
	卵菱形	97	21.6			紫红	46	10.2	
	长卵菱形	116	25.8			圆筒形	202	45.0	
	披针形	6	1.3			长圆条形	189	42.1	
花色 Flower color	紫	257	57.2	1.27	粒形 Seed shape	扁圆条形	53	11.8	0.69
	白	94	20.9			弓形	5	1.1	
	黄	37	8.2			肾形	364	81.1	
	红	18	4.0			椭圆	18	4.0	
	白带紫	29	6.5			球形	44	9.8	
	黄带紫	14	3.1			矩圆	22	4.9	
嫩荚色 Tender pod color	白	37	8.2	1.58	粒色 Seed color	近三角形	1	0.2	1.82
	浅绿	97	21.6			白	112	24.9	
	绿	188	41.9			橙	35	7.8	
	深绿	40	8.9			红	87	19.4	
	红	2	0.4			紫红	16	3.6	
	紫红	53	11.8			黑	56	12.5	
	斑纹	32	7.1			双色	21	4.7	
					橙底褐花	111	24.7		
					橙底紫花	11	2.4		

2.4.2 数量性状 江西食用豆资源的生育日数、单荚粒数、荚长、粒长和百粒重等数量性状变异程度较大，变异系数在 17.7%~43.2%之间，性状表型变幅大（表 4、图 8）。豇豆资源生育日数为 59.0~166.0 d，变异系数 19.8%；按照生育日数将豇豆资源划分为极早熟（<80 d）、早熟（80~100 d）、中熟（100-120 d）、晚熟（120-140 d）和极晚熟（>140 d），其中中熟、晚熟和早熟豇豆资源居前三，分别占 336%、28.1%和 20.7%，极早熟和极晚熟分别占 12.2%和 5.3%。豇豆荚长的变异系数最大，为 46.0%；百粒重次之，为 28.8%；可见豇豆资源的荚长和粒重具有较大的改良潜力。荚长最大值 76.0 cm，最小值 11.0 cm；荚长短于 20 cm 的资源占 41.4%，多为食用籽粒型豇豆，其荚质较硬，粮用为主；荚长为 20~50 cm 和长于 50 cm 的长豇豆资源分别占 53.7%和 4.9%，多为食用鲜荚型豇豆，其荚质较软，菜用为主。百粒重最大值 34.17g，最小值 8.04 g；按照百粒重将豇豆资源划分为小粒型（<10 g）、中粒型（10~20 g）、大粒型（20~30 g）和特大粒型（>30 g），

分别占 5.3%、77.1%、16.5%和 1.1%。豇豆资源单荚粒数为 8.0~27.0 粒，变异系数 20.0%；粒长 0.6~1.6 cm，变异系数 17.7%。

表 4 江西豇豆种质资源数量性状鉴定分析

Table 4 Identification and analysis of quantitative traits of cowpea germplasm resources in Jiangxi

性状	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数	峰度	偏度
Trait	Max	Min	Mean	SD	CV (%)	Kurtosis	Skewness
生育日数 Growing days (d)	166.0	59.0	109.7	21.7	19.8	-0.2	-0.3
单荚粒数 Seed number per pod (粒)	27.0	8.0	14.8	3.0	20.0	0.0	0.4
荚长 Pod length (cm)	76.0	11.0	25.5	11.7	46.0	1.5	1.4
粒长 Seed length (cm)	1.6	0.6	1.0	0.2	17.7	-0.3	0.1
百粒重 100-seed weight (g)	34.2	8.0	16.1	4.6	28.8	1.2	1.0

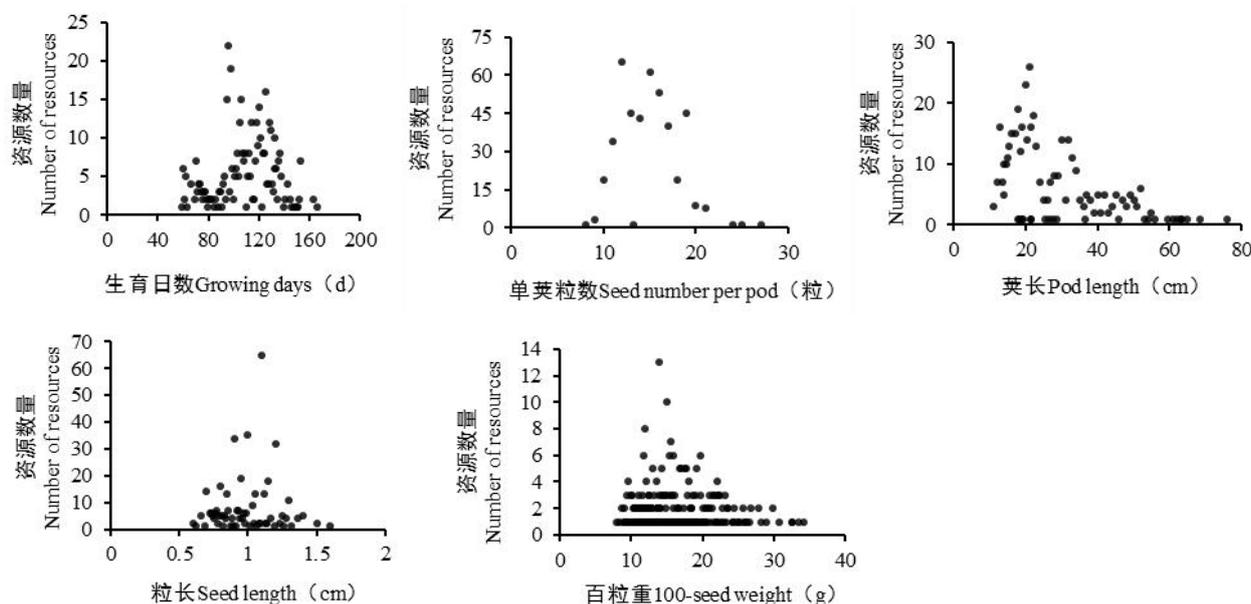


图 8 江西豇豆种质资源主要数量性状表型分布

Fig.8 Phenotypic distribution of main quantitative traits of cowpea germplasm resources in Jiangxi

2.4.3 相关性分析 江西豇豆种质资源主要农艺性状间存在明显的相关性，单荚粒数、荚长、粒长和百粒重是影响豇豆资源产量表型的重要因素，它们相互之间存在促进和制约。单荚粒数与荚长极显著正相关，与百粒重显著正相关，而与粒长关系不显著；百粒重与粒长呈极显著正相关，与荚长显著正相关（表 5）。可见，通过改良提高单荚粒数、荚长、粒长和百粒重其中之一或者其中几个，可以促进所有指标相互提高，从而大幅度增加库容量，实现豇豆增产。

表 5 豇豆种质资源数量性状相关性分析

Table 5 Correlation analysis of quantitative traits of cowpea germplasm resources

性状	生育日数	单荚粒数	荚长	粒长	百粒重
Trait	Growing days	Seed number per pod	Pod length	Seed length	100-seed weight
生育日数 Growing days	1				
单荚粒数 Seed number per pod	0.044	1			
荚长 Pod length	0.014	0.836**	1		

粒长 Seed length	0.089*	-0.002	-0.027	1	
百粒重 100-seed weight	-0.003	0.088*	0.093*	0.207**	1

注：*显著相关（在 0.05 水平上），**极显著相关（在 0.01 水平上）。

Note : * is significantly correlated (at the 0.05 level), ** is very significantly correlated (at the 0.01 level).

2.5 江西省优异食用豆种质资源筛选

根据田间农艺性状、品质、抗性和产量等性状综合鉴定评价，筛选出不同栽培季节、不同作物种类的优异食用豆种质资源共 30 份。

热季豆类中优异豇豆资源 6 份，以食用嫩荚为主的余江豇豆（图 9-A）、新城牙齿豆（图 9-B）、峡江黑籽豇豆（图 9-C）和裴梅红豆角（图 9-D），具有早熟、嫩荚鲜甜脆嫩、荚长、产量高、抗性强等特性；以食用干籽粒为主的余江饭豇豆（图 9-E）和银宝湖红饭豇豆（图 9-F），具有抗病虫害、耐旱、耐贫瘠的特性，其中银宝湖红饭豇豆为直立矮生型，免搭架栽培。优异饭豆资源 3 份，为蔓生型三都黄花豆（图 9-G）、半蔓生型陈坊杨西豆（图 9-H）和直立矮生型莲花红饭豆（图 9-I），以食用干籽粒为主，具有产量高、种皮光滑、营养价值高的特性，莲花红饭豆免搭架栽培。优异小豆资源 3 份，为直立矮生型都昌红小豆（图 9-J）、怀玉小豆（图 9-K）和蔓生型南城黑小豆（图 9-L），以食用干籽粒为主，具有分枝性强、种皮光滑、籽粒大、产量高的特性，都昌红小豆、怀玉小豆免搭架栽培。优异绿豆资源 3 份，为裴梅绿豆（图 9-M）、画眉绿豆（图 9-N）和余干黄绿豆（图 9-O），以食用干籽粒为主，具有籽粒大、抗性强和产量高的特性，特别是画眉绿豆，种皮颜色呈墨绿色、有光泽，兼具高营养和高产量。优异黎豆资源 2 份，为瑞金老虎豆（图 9-P）和修水老虎豆（图 9-Q），以食用嫩荚为主，具有栽培及时悠久、结荚数多、籽粒大、产量高的特性，在江西赣南山区多种植，嫩荚做腌菜用。优异刀豆资源 2 份，为普通刀豆广昌刀豆（图 9-R）和直立刀豆鄱阳银宝湖刀豆（图 9-S），以食用嫩荚为主，具有荚长肉厚、口感品质好、产量高的特性，鄱阳银宝湖刀豆免搭架栽培。



图9 优异食用豆种质资源—豇豆 (A~F)、饭豆 (D~I)、小豆 (J~K)、绿豆 (M~O)、黎豆 (P~Q)、刀豆 (R~S)
 Fig.9 Excellent edible bean germplasm resources- cowpea(A-F), rice bean(D-I), adzuki bean(J-K), mung bean(M-O), cowage(P-Q),sword bean(R-S).

暖季豆类中优异普通菜豆资源 3 份，为蔓生型铜鼓白籽四季豆（图 10-A）、南城花籽四季豆（图 10-B）和直立矮生型瑞昌大籽四季豆（图 10-C），以食用嫩荚为主，具有嫩荚口感品质好、抗性强、产量高的特性，瑞昌大籽四季豆免搭架栽培。优异利马豆资源 3 份，为玉山白玉豆（图 10-D）、修水利马豆（图 10-E）和大墩红籽芸豆（图 10-F），以食用鲜籽粒为主，具有籽粒大、口感品质好，产量高的特性；特别是玉山白玉豆，种植历史悠久，生态适应区域性明显，盛产于三清山下玉山县西北部山区，豆泽白如玉，口感独特，远近闻名。优异藕豆资源 3 份，为白荚红籽井冈山藕豆（图 10-G）、紫荚黑籽芦溪藕豆（图 10-H）和红荚白籽万载藕豆（图 10-I），以食用嫩荚为主，具有荚大、口感品质好、产量高的特性，芦溪藕豆和万载藕豆花色紫色、花茂盛鲜艳、结荚多，极具观赏性。



图 10 优异食用豆种质资源—普通菜豆 (A~C)、利马豆 (D~F)、扁豆 (G~I)
 Fig.10 Excellent edible bean germplasm resources-common bean, lima bean, hyacinth bean

冷季豆类中优异蚕豆资源 3 份，为上高蚕豆（图 11-A）、婺源蚕豆（图 11-B）和永修蚕豆（图 11-C），以食用鲜籽粒和干籽粒加工为主；上高蚕豆秆高、茎粗、抗倒伏能力较强，特别是对赤斑病的诱抗效果很好；婺源蚕豆花繁茂、结荚密度高、粒大饱满、色泽光亮、产量高；永修蚕豆花色深紫鲜艳、株型美观，极具观赏性。优异豌豆资源 3 份，为以食用籽粒为主的玉山豌豆（图 11-D）、以食用嫩荚为主的寻乌豌豆（图 11-E）和野生型共青城野豌豆（图 11-F）；玉山豌豆口感品质好、抗病性强、产量高；寻乌豌豆嫩荚口感好、花色深紫鲜艳、株型美观，极具观赏性；共青城野豌豆为地方野生资源，抗病虫性强、耐贫瘠，成熟种子可煮粥或磨面食用。



图 11 优异食用豆种质资源—蚕豆 (A~C)、豌豆 (D~F)
 Fig.11 Excellent edible bean germplasm resources- broad bean(A-C), pea(D-F)

3 讨论

3.1 江西省食用豆种质资源与产业发展前景

农作物种质资源是农业科学研究、农作物新品种创制和现代种业发展的物质基础^[12]。人类栽培的食用豆类作物包括 15 个植物学分类“属”下的 27 个“栽培种”，按种植面积分布，常见的食用豆种类有蚕豆、豌豆、豇豆、菜豆、绿豆、小豆、藊豆、饭豆、鹰嘴豆、小藊豆等^[3]；根据种植季节可分为冷季豆类、暖季豆类和热季豆类，冷季豆类为长日照性作物，暖季豆类和热季豆类为短日照性作物^[1]。据统计，全世界共有 10 万份食用豆种质资源被保存下来^[13]；中国农作物种质资源库保存了食用豆种质资源大约 4.2 万份^[7]。江西省食用豆种质资源丰富、栽培历史悠久、品种繁多、品质优良，农民一直有种植各类食用豆的习惯^[14]。江西省常种植的食用豆种类主要有豇豆、饭豆、绿豆、小豆、普通菜豆（俗名四季豆）、利马豆、藊豆（俗名芸豆）、刀豆、黎豆（俗名老虎豆）、蚕豆和豌豆等。此次通过农作物种质资源普查与收集行动，共收集到种类丰富的江西地方食用豆种质资源 1307 份，根据来源和海拔分析，江西食用豆资源覆盖江西省区域内 11 个地级市的 89 个县，海拔横跨 0~1000 m 范围内，分布广泛；根据作物种类分析，江西食用豆资源主要涵盖 7 个“属”12 个“种”，种类丰富多样；根据栽培季节分析，江西食用豆以短日照热季豆类最为丰富，占 65.1%，其中又以豇豆种质资源数量最多；根据用途分析，江西食用豆资源以菜用和粮用为主，其中食用籽粒类食用豆资源包括饭豆、小豆、绿豆、利马豆、蚕豆和豌豆，食用嫩荚类食用豆资源包括豇豆、普通菜豆、藊豆、刀豆、黎豆、蚕豆和豌豆，许多资源既可食用干鲜籽粒，又可以食用嫩荚。

食用豆兼具粮用、菜用、饲用和肥用价值，对促进我国现代农业经济发展、农业产业转型和绿色发展扮演着举足轻重的角色^[15-16]。中国食用豆种类极为丰富，原产于中国的绿豆和小豆的种植面积、总产量和出口量均居世界首位；蚕豆是我国种植面积最大的食用豆类，占世界总量的 40%；豌豆产量占世界总量的 11.5%^[17-18]。因此发展食用豆种植生产及其产业链，是促进我国农业增效、提升农民收益的有效途径之一，发展前景广阔。江西省食用豆种植种类以豇豆、绿豆、蚕豆和豌豆为主，其播种面积较大^[2,19-21]。江西省是重要的豇豆栽培省份以及豇豆种子供应省份，江西豇豆种子在全国占有率达到 60%左右，江西豇豆种业公司在全国市场拥有绝对的主导地位和定价权。蚕、豌豆既作杂粮，又作蔬菜，还可以做绿肥，主要作为江西冬季作物和蔬菜，是秋冬闲田与水稻轮作或与幼龄果园间套作的主要作物，在我省广泛种植并具较好的经济效益；江西蚕、豌豆种植面积和总产量在所有食用豆类中占比最大，但其种植基数仍然较少，存在种植技术落后、品种老化等产业问题。其它食用豆类如绿豆、普通菜豆、小豆、藊豆和刀豆等杂豆在江西也具备一定的种植规模。

3.2 江西省食用豆种质资源鉴定评价和保护利用

多年来，我国专家学者分别对国家库保存的食用豆种质资源和陆续收集的全国各地食用豆种质资源开展了调查分析和鉴定评价，王兰芬等对普通菜豆种质资源进行表型鉴定及多样性分析^[22]，王述民等对 4029 份普通菜豆种质资源的来源、形态、农艺性状等开展联合鉴定^[23]，张赤红等对 324 份菜豆资源进行形态多样性鉴定与分类研究^[24]。王佩芝等对 230 份豇豆种质资源进行农艺性状鉴定和优异资源评价^[25-26]，汪雁峰等对 1192 份长豇豆种质资源进行农艺性状鉴定分析^[27]。程须珍等对 4719 份绿豆种质资源进行主要农艺性状鉴定^[28]，刘长友等对 5072 份绿豆种质资源进行遗传多样性研究^[29]。王海飞等对 527 份蚕豆种质资源进行

遗传多样性分析^[30], 宗绪晓等对 1221 份豌豆种质资源开展 SSR 遗传多样性分析^[30-31]。通过对食用豆种质资源的鉴定评价和优异资源的筛选, 利用这些资源创新创制新种质、选育优良新品种, 极大的丰富了食用豆类科学研究和助力农业生产。然而关于江西食用豆种质资源的鉴定评价和食用豆类相关科学研究的报道较少, 目前可见的只有辛佳佳等对江西地方蚕豆种质资源开展遗传多样性分析和优异资源挖掘^[18]。

江西省食用豆种质资源丰富多样, 但也存在野生近缘种质资源收集与保护力度不足、种质资源精准鉴定深度不够, 以及优异特色种质资源开发利用成效不显著等问题。因此, 开展江西食用豆种质资源的调查分析, 通过田间表型和农艺性状综合鉴定评价, 进而筛选挖掘出一批具有特殊利用价值的食用豆资源和优异食用豆资源, 对于加速江西食用豆种质资源的创新利用和保护开发具有重要意义。

参考文献

- [1] 程须珍, 王述民.中国食用豆类品种志[M].北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.
Cheng X Z, Wang S M. Food Legumes Varieties Records in China[M]. China Agricultural Science and Technology Press, 2009.
- [2] 陈红霖, 田静, 朱振东, 张耀文, 陈巧敏, 周素梅, 王丽侠, 刘玉皎, 何玉华, 尹凤祥, 魏淑红, 程须珍.中国食用豆产业和种业发展现状与未来展望[J].中国农业科学, 2021, 54(03):493-503.
Chen H L, Tian J, Zhu Z D, Zhang Y W, Chen Q M, Zhou S M, Wang L X, Liu Y J, He Y H, Yin F X, Wei S H, Cheng X Z. Development status and future prospects of edible bean industry and seed industry in China [J].China Agricultural Sciences,2021,54(03):493-503.
- [3] 钱静斐, 张蕙杰.中国食用豆贸易演变特征及现状分析[J].中国食物与营养, 2021, 27(02):20-25.
Qian J F, Zhang H J. Analysis on the evolution characteristics and current situation of edible bean trade in China [J].China Food and Nutrition,2021,27(02):20-25.
- [4] 岳慧丽, 张蕙杰, 李世娟.我国食用豆生产布局变迁及区域比较优势研究[J].中国食物与营养, 2022, 28(10):5-11.
Yue H L, Zhang H J, Li S J. Study on the change of edible bean production layout and regional comparative advantage in China [J].China Food and Nutrition, 2022, 28(10):5-11.
- [5] 吴磊, 杨涛, 陈红霖, 武晶.食用豆生物育种研究进展[J].中国基础科学, 2022.
Wu L, Yang T, Chen H L, Wu J. Research progress on biological breeding of edible beans [J].Basic Science of China, 2022.
- [6] 王鹏, 任顺成, 王国良.常见食用豆类的营养特点及功能特性[J].食品研究与开发, 2009(12):4.
Wang P, Ren S C, Wang G L. Nutritional and functional characteristics of common edible beans [J].Food research and development,2009(12):4.
- [7] 刘婷婷, 张蕙杰, 钱静斐.中国食用豆产业发展的现实挑战与国际经验借鉴[J].江苏农业学报, 2023, 39(03):831-840.
Liu T T, Zhang H J, Qian J F. The realistic challenges and international experience of the development of China 's edible bean industry [J]. Jiangsu Agricultural Journal, 2023, 39(03):831-840.
- [8] 黄艳玲, 张从合, 严志, 王慧, 方玉, 周桂香, 吴浩然, 周乾, 李侠芳, 陈思.中国农作物种质资源保护的研究进展[J].杂交水稻, 2024(001):039.
Huang Y L, Zhang C H, Yan Z, Wang H, Fang Y, Zhou G X, Wu H R, Zhou Q, Li X F, Chen S. Research progress of crop germplasm resources protection in China [J].Hybrid rice, 2024(001):039.
- [9] 刘旭.中国作物种质资源研究现状与发展[C]//2018 中国作物学会学术年会.2018:2.
Liu X. Research status and development of crop germplasm resources in China [C] //2018 Annual Meeting of Chinese Crop Society. 2018:2.
- [10] 吴海燕, 徐芝亮, 严香凤, 沈思言, 陈琳.江西省农业种质资源保护与利用现状、问题与对策[J].农业科技经济管理, 2022(03):46-48.
Wu H Y, Xu Z L, Yan X F, Shen S Y, Chen. Protection and utilization status, problems and countermeasures of agricultural germplasm resources in Jiangxi Province [J].Economic management of agricultural scientific research, 2022(03):46-48.
- [11] 关峰, 石博, 万新建, 张景云, 黄长林, 张会国, 黄国东.江西省地方冬瓜种质资源表型性状遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报, 2022, 23(02):385-397.
Guan F, Shi B, Wan X J, Zhang J Y, Huang C L, Zhang H G, Huang G D. Genetic diversity analysis of phenotypic traits of local wax gourd germplasm resources in Jiangxi Province [J].Journal of Plant Genetic Resources, 2022,23(02):385-397.
- [12] 刘旭, 黎裕, 李立会, 贾继增.作物种质资源学理论框架与发展战略[J].植物遗传资源学报, 2023, 24(01):1-10.
Liu X, Li Yu, L H, Jia J Z. Theoretical Framework and Development Strategy of Crop Germplasm Resources [J].Journal of Plant Genetic Resources, 2023,24(01):1-10.
- [13] Assefa T, Mahama A A, Brown A V, Cannon E K S, Rubyogo J C, Rao I M, Blair M W, Cannon S B. A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)[J].Molecular Breeding, 2019, 39(2).
- [14] 关峰, 张景云, 石博, 万新建, 辛佳佳.江西蔬菜种质资源调查收集与优异资源发掘[J].植物遗传资源学报, 2021, 22(02):390-398.

- Guan F, Zhang J Y, Shi B, Wan X J, Xin J J. Investigation and collection of vegetable germplasm resources in Jiangxi and exploration of excellent resources [J].*Journal of Plant Genetic Resources*, 2021,22(02):390-398.
- [15] Gan R Y, Deng Z Q, Yan A X, Shah N, Prasad L. Pigmented edible bean coats as natural sources of polyphenols with antioxidant and antibacterial effects.[J].*LWT - Food Science & Technology*, 2016, 73:168-177.
- [16] Corke H, Gan R Y. Polyphenol composition and bioactivities of edible beans from China[C]//2017 AACCI ANNUAL MEETING.2017.
- [17] Reardon T, Timmer C P. The Economics of the Food System Revolution[J].*Annual Review of Resource Economics*, 2012, 4(1):225-264..
- [18] Lu W C. Effects of agricultural market policy on crop production in China[J].*Food Policy*, 2002, 27(5):561-573.
- [19] 辛佳佳, 张南峰, 程华萍, 戴兴临, 张洋, 涂玉琴, 涂伟凤, 谷德平, 关峰, 汤洁.江西省地方蚕豆种质资源遗传多样性分析及优异资源挖掘[J].*江苏农业学报*, 2022, 38(01):20-29.
- Xin J J, Zhang N F, Cheng H P, Dai X L, Zhang Y, Tu Y Q, Tu W F, Gu D P, Guan F, Tang J. Genetic diversity analysis and excellent resource mining of local broad bean germplasm resources in Jiangxi Province [J].*Jiangsu Journal of Agriculture*, 2022,38(01):20-29.
- [20] 胡晴园, 公丹, 潘晓威, 王素华, 王丽侠.国家食用豆产业技术体系 2019-2021 年普通豇豆新品种(系)联合鉴定分析[J].*作物杂志*, 2024(03):76-81.
- Hu Q Y, Gong D, Pan X W, Wang S H, Wang L X. National Edible Bean Industry Technical System 2019-2021 Joint Identification and Analysis of New Varieties (Lines) of Common Cowpea [J].*Crop Journal*, 2024(03):76-81.
- [21] 柳开楼, 张景云, 黄庆海, 王志美, 吴艳, 张大文, 袁丽娟, 王春娥, 周会汶, 陈红兵, 王水兴, 曾招圣, 黄天宝, 朱德彬.江西省豆类产业发展现状和对策分析[J].*江西农业学报*, 2023, 35(04):33-38.
- Liu K L, Zhang J Y, Huang Q H, Wang Z M, Wu Y, Zhang D W, Yuan L J, Wang C E, Zhou H W, Chen H B, Wang S X, Zeng Z S Huang T B, Zhu Debin. Analysis on the development status and countermeasures of legume industry in Jiangxi Province [J]. *Jiangxi Agricultural Journal*, 2023,35(04):33-38.
- [22] 王兰芬, 武晶, 王昭礼, 余莉, 吴宪志, 张时龙, 王述民.普通菜豆种质资源表型鉴定及多样性分析[J].*植物遗传资源学报*, 2016, 17(06):976-983.
- Wang L F, Wu J, Wang Z L, Yu L, Wu X Z, Zhang S L, Wang S M. Phenotypic identification and diversity analysis of common bean germplasm resources [J].*Journal of Plant Genetic Resources*, 2016,17(06):976-983.
- [23] 张赤红, 曹永生, 宗绪晓, 王志刚, 王述民.普通菜豆种质资源形态多样性鉴定与分类研究[J].*中国农业科学*, 2005(01):27-32.
- Zhang C H, Cao Y S, Zong X X, Wang Z G, Wang S M. Morphological Diversity Identification and Classification of Common Bean Germplasm Resources [J].*China Agricultural Sciences*, 2005(01):27-32.
- [24] 王述民, 张亚芝, 王石宝, 刘绍文, 李家银.普通菜豆优异种质联合鉴定研究[J].*作物品种资源*, 1996(03):12-14.
- Wang S M, Zhang Y Z, Wang S B, Liu S W, Li J Y. Joint Identification of Excellent Germplasm of Common Bean [J].*Crop Variety Resources*, 1996(03):12-14.
- [25] 王佩芝, 韩粉霞, 刘京宝, 冯庆平, 王和平.豇豆优异种质综合评价[J].*植物遗传资源科学*, 2001(04):34-37+41.
- Wang P Z, Han F X, Liu J B, Feng Q P, Wang H P. Comprehensive evaluation of excellent cowpea germplasm [J]. *Plant genetic resources science*, 2001(04):34-37+41.
- [26] 王佩芝, 冯庆平, 阎家廉, 韩粉霞.豇豆优异种质资源综合评价[J].*作物品种资源*, 1995(03):14-16.
- Wang P Z, Feng Q P, Yan J L, Han F X. Comprehensive evaluation of excellent cowpea germplasm resources [J].*Crop variety resources*, 1995(03):14-16.
- [27] 汪雁峰, 张渭章.千份豇豆种质资源十大农艺性状的鉴定与分析[J].*中国蔬菜*, 1997(2):4.
- Yan F, Zhang W Z. Identification and Analysis of Ten Agronomic Traits of Thousands of Cowpea Germplasm Resources [J]. *Chinese Vegetables*, 1997(2):4.
- [28] 程须珍, 王素华.中国绿豆品种资源研究[J].*作物品种资源*, 1998(04):10-12.
- Cheng X Z, Wang S H. Studies on mung bean variety resources in China [J].*Crop variety resources*, 1998(04):10-12.
- [29] 刘长友, 程须珍, 王素华, 王丽侠, 孙蕾, 梅丽, 徐宁.中国绿豆种质资源遗传多样性研究[J].*植物遗传资源学报*, 2006(04):459-463.
- Liu C Y, Cheng X Z, Wang S H, Wang X, Sun L, Mei L, Xu N. Genetic diversity of mung bean germplasm resources in China [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2006(04):459-463.
- [30] 王海飞, 关建平, 马钰, 孙雪莲, 宗绪晓.中国蚕豆种质资源 ISSR 标记遗传多样性分析[J].*作物学报*, 2011, 37(04):595-602.
- Wang H F, Guan J P, Ma Y, Sun X L, Zong X X. Genetic diversity analysis of faba bean germplasm resources in China by ISSR marker [J].*Journal of Crops*, 2011,37(04):595-602.
- [31] 宗绪晓, 关建平, 王述民, 刘庆昌.中国豌豆地方品种 SSR 标记遗传多样性分析[J].*作物学报*, 2008(08):1330-1338.
- Zong X X, Guan J P, Wang S M, Liu Q C. Genetic diversity analysis of Chinese pea landraces using SSR markers [J].*Crop Journal*, 2008(08):1330-1338.