

云南省第三次全国农作物种质资源调查与 收集样品多样性分析

周国雁¹ 陈 丹¹ 徐象国² 杨雅云¹ 李全衡³ 陶 祥⁴ 张菲菲¹
隆文杰¹ 刘圆圆¹ 瞿冲芬⁵ 丁 铭¹ 蔡 青¹

(¹ 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所 / 云南省农业生物技术重点实验室 / 农业农村部西南作物基因资源与种质创制
重点实验室, 昆明 650205; ² 云南省农业农村厅, 昆明 650051; ³ 云南省种子管理站, 昆明 650031;
⁴ 云南省农业科学院, 昆明 650205; ⁵ 云南农业大学, 昆明 650201)

摘要:通过整理 2020–2023 年云南省第三次全国农作物种质资源普查与收集行动中得到的 8416 份样本信息, 对种质类型、作物分类、地理分布等进行了综合多样性分析。研究结果显示, 在种质类型方面, 地方品种、野生资源、选育品种和引进品种的占比分别达到了 89.28%、9.51%、0.88% 和 0.33%; 从作物类型来看, 粮食作物、蔬菜、果树、经济作物和牧草绿肥的占比依次为 55.18%、19.72%、11.92%、11.24% 和 1.94%; 样本涵盖了 78 个科, 241 个属, 391 个种, 其中, 豆科、禾本科、蔷薇科、葫芦科的样本数目居前 4 位; 在州(市)级别上, 样本数排前 3 名的地区是大理白族自治州、楚雄彝族自治州和曲靖市, 分别占总样本数的 9.87%、9.67% 和 8.50%; 从云南的少数民族如彝族、哈尼族、傈僳族、白族的资源利用情况来看, 这些群体提供的样本数量较多; 在不同的农业生态种植区中, 滇中高原盆地的粮、烟、油、菜、果、桑区收集的样本数量最多, 共 3415 份, 占总数的 40.58%。整个省内, 随海拔升高, 农作物样本数量呈先上升后下降的趋势, 在不同的海拔区间, 各州(市)的 Shannon–Wiener 多样性指数和 Brillouin 丰富度指数表现各异; 昭通市、文山壮族苗族自治州、昆明市在不同海拔区间的优势度指数普遍高于其他地区。Pearson 相关性分析表明, Shannon–Wiener 多样性指数与 Brillouin 丰富度指数在 6 个海拔梯度上表现出极显著的正相关, 在海拔 1000~1500m 和 3000m 以上区间内, Simpson 优势度指数与 Pielou 均匀度指数存在显著的正相关关系。通过对此次调查收集的样品进行分析, 初步摸清了云南省农作物种质资源的种类及分布状况, 为今后创新种质和开发突破性品种提供了科学依据。

关键词: 云南; 农作物; 种质资源; 调查; 收集; 多样性

Investigation, Collection and Diversity Analysis of Crop Germplasm Resources for the Third National Crop Germplasm Resources Survey in Yunnan Province

ZHOU Guoyan¹, CHEN Dan¹, XU Xiangguo², YANG Yayun¹, LI Quanheng³, TAO Xiang⁴,
ZHANG Feifei¹, LONG Wenjie¹, LIU Yuanyuan¹, QU Chongfen⁵, DING Ming¹, CAI Qing¹

(¹ Biotechnology and Germplasm Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/Yunnan Provincial Key Lab of Agricultural
Biotechnology/Key Lab of Southwestern Crop Gene Resources and Germplasm Innovation, Ministry of Agriculture and Rural Affairs,
Kunming 650205; ² Yunnan Department of Agriculture and Rural Affairs, Kunming 650051; ³ Yunnan Seed Management Station, Kunming
650031; ⁴ Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205; ⁵ Yunnan Agricultural University, Kunming 650201)

基金项目: 云南省种子种业联合实验室项目—作物种质资源数据库与共享平台建设(202205AR070001-1); 2024 年种质资源圃保育能力建设专项; 2024 年云南省省级农业发展专项资金项目—云南省省级农作物种质资源库; 国家科技资源共享服务平台——国家作物种质资源库云南分库项目(NCGRC2024-030); 第三次全国农作物种质资源普查与收集行动(19210848); 云南省第三次全国农作物种质资源普查与收集行动 2022 年财政专项(YAASZYPC01)

通信作者: 丁铭, 蔡青

种质资源是携带生物遗传信息的媒介,是保障国家粮食安全、生态安全和粮食安全的重要战略资产,是我国农业供给侧结构性改革的重要内容^[1]。在国家大力推进农业高质量发展、实现现代化的背景下,加强对农作物种质资源的收集、保存具有重要意义。农作物种质资源的调查与收集是其保护、鉴定、研究和创新利用的前提,也是我国重要的种质资源管理体系。农作物种质资源的收集工作是在广泛的研究基础上进行的,是对我国农作物资源的多样性、完整性、独特性和积累性的综合利用,是一项重要的基础性工作^[2]。

云南位于我国的西南边境,介于 $21^{\circ}8'32''\sim 29^{\circ}15'8''\text{N}$ 和 $97^{\circ}31'39''\sim 106^{\circ}11'47''\text{E}$ 之间,东西最长距离为864.9km,南北最长距离为990km,总面积达到38.3万 km^2 ,是一个位于低纬度的高原山区省份,北回归线穿过其南部,属于季风气候区。云南光照充足、气温适中、水资源丰富,海拔较高的同时地势多变,拥有高山、深谷以及平原、高原、山地、河谷等多种地形,地形的多样性对光照、气温和水分等气候因素有着重要的调节作用,深刻地影响着农业生产条件和自然资源的分布。多样的环境条件造成了农业生产的复杂性,带来了物种资源的多样化,这种多样性不仅在水平方向上有所体现,而且在垂直地带上也表现突出,形成了独特的立体气候和立体农业特点^[3]。云南省还是一个多民族省份,人口在6000人以上的民族有25个^[4]。云南地处亚洲,是水稻、荞麦、茶叶、甘蔗等重要粮食作物和经济作物的重要发源地^[5-8],但在工业化和城市化进程加快、气候条件改变、耕作模式变革等因素影响下,地方品种资源正受到严重威胁。由于生境的破坏,野生近缘种的数量也在急剧下降,为更好地掌握云南省农作物种质资源现状,2020年开展第三次农作物种质资源调查和收集工作,对116个县(市、区)进行全面的种质资源普查以及34个重点农业县(市、区)进行种质资源调查,共计获得8416份种质资源。通过对样品的多样性进行分析,可以更清楚地认识云南省农作物种质资源的现状,为今后的资源开发、优异农作物种质资源的发掘提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 普查与调查的范围 普查范围为云南省116

个县(市、区),在此基础上,对34个重点农业县(市、区)进行了系统的调查(表1),对不同类型的古老地方品种、历史悠久的育成品种、重要作物的野生近缘种和其他珍稀濒危的野生植物进行了抢救性收集。每个农业县(市、区)的调查至少涵盖3个乡镇,每个乡镇至少包括3个自然村。

1.2 普查与调查的方法 依据《第三次全国农作物种质资源普查与收集行动》的工作计划及《云南省农业种质资源普查总体方案(2021-2023年)》和《云南省第三次农作物种质资源普查与收集行动实施计划(2021-2023年)》的规定,成立了包含粮食作物、经济作物、牧草、果树、蔬菜等5个类别的普查与收集专业组,由云南省农业科学院7个研究所牵头,组织了34个科研队伍负责收集各种本土古老品种、历史悠久的育成品种、重要作物的野生近缘种及其他珍稀濒危野生植物种质资源,调查这些资源涉及的重要作物的野生近缘种、地理分布、生态环境及濒危情况等。每个普查县(市、区)至少收集20份资源,资源编号前缀为“P53”,每个调查县(市、区)至少抢救性收集80份资源,编号前缀为“年份+53”,并逐一填写第三次全国农作物种质资源普查与收集行动征集表和调查表,记录包括农作物的特性、农艺性状、地理分布、栽培方法、利用价值等关键信息,并对每份资源的生境和特性进行拍摄记录。

1.3 物种多样性指数 农业生态系统的影响因素,包括地理位置、海拔高度以及农耕民族的文化传统,深刻地作用于农作物种质资源的地理分布。针对不同行政区划和海拔高度,进行农作物种质资源的多样性研究,以掌握各区域农作物种质资源的种类与数量,涉及样品的群落丰富度与多样性,其中包括Shannon-Wiener多样性指数(H')、Simpson优势度指数(D)、Brillouin丰富度指数(H)、Pielou均匀度指数(EH)^[9-11]。

多样性指数(H')计算公式如下。

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中 P_i 为分析区域第 i 类物种的种质资源份数占该地区种质资源样品总数的频次,即 $P_i = N_i/N$, N_i 是 i 类物种的资源样品数, N 是该分析区域内资源样品总数。

表 1 云南 116 个普查县(市、区)与 34 个系统调查县(市、区)

序号	县(市、区)	所属州(市)	序号	县(市、区)	所属州(市)	序号	县(市、区)	所属州(市)
1	东川区*	昆明市	40	玉龙纳西族自治县*	丽江市	79	金平苗族瑶族傣族自治县	红河哈尼族彝族自治州
2	晋宁县		41	永胜县*		80	绿春县*	
3	富民县		42	华坪县		81	河口瑶族自治县	
4	宜良县		43	宁蒗彝族自治县		82	文山市	文山壮族苗族自治州
5	石林彝族自治县		44	宁洱哈尼族彝族自治县		83	砚山县	
6	嵩明县		45	墨江哈尼族自治县*	普洱市	84	西畴县*	
7	禄劝彝族苗族自治县*		46	景东彝族自治县*		85	麻栗坡县	
8	寻甸回族彝族自治县		47	景谷傣族彝族自治县		86	马关县*	
9	安宁市		48	镇沅彝族哈尼族拉祜族自治县		87	丘北县	
10	马龙县	曲靖市	49	江城哈尼族彝族自治县		88	广南县*	
11	陆良县		50	孟连傣族拉祜族佤族自治县		89	富宁县	
12	师宗县		51	澜沧拉祜族自治县		90	景洪市	西双版纳傣族自治州
13	罗平县		52	西盟佤族自治县		91	勐海县	
14	富源县*		53	凤庆县		92	勐腊县	
15	会泽县*		54	云县*		93	大理市	大理白族自治州
16	沾益县		55	永德县	澜沧市	94	漾濞彝族自治县	
17	宣威市*		56	镇康县		95	祥云县	
18	江川县	玉溪市	57	双江拉祜族佤族布朗族傣族自治县		96	宾川县	
19	澄江县		58	耿马傣族佤族自治县		97	弥渡县	
20	通海县		59	沧源佤族自治县		98	南涧彝族自治县*	
21	华宁县*		60	双柏县*	楚雄彝族自治州	99	巍山彝族回族自治县*	
22	易门县		61	牟定县		100	永平县	
23	峨山彝族自治县		62	南华县		101	云龙县*	
24	新平彝族傣族自治县		63	姚安县		102	洱源县*	
25	元江哈尼族彝族傣族自治县		64	大姚县		103	剑川县	
26	施甸县*	保山市	65	永仁县*		104	鹤庆县	
27	腾冲县		66	元谋县*		106	芒市(潞西市)	德宏傣族景颇族自治州
28	龙陵县*		67	武定县		107	梁河县*	
29	昌宁县*		68	禄丰县*		108	盈江县	
30	鲁甸县	昭通市	69	个旧市	红河哈尼族彝族自治州	109	陇川县	
31	巧家县		70	开远市		110	泸水县	怒江傈僳族自治州
32	盐津县		71	蒙自市		111	福贡县*	
33	大关县*		72	弥勒市		112	贡山独龙族怒族自治县	
34	永善县		73	屏边苗族自治县		113	兰坪白族普米族自治县*	
35	绥江县*		74	建水县		114	香格里拉县	迪庆藏族自治州
36	镇雄县		75	石屏县		115	德钦县	
37	彝良县		76	泸西县		116	维西傈僳族自治县*	
38	威信县*		77	元阳县				
39	水富县		78	红河县*				

*表示 34 个系统调查县(市、区)

优势度指数(D)计算公式如下。

$$D=1-\sum_{i=1}^S (n_i/N)^2$$

丰富度指数(H)计算公式如下。

$$H=\frac{1}{N} \left\{ \log_2 N! - \sum_{i=1}^S \log_2 N_i! \right\}$$

均匀度指数(EH)计算公式如下。

$$E_H=\frac{H'}{\ln S}$$

其中 S 表示一个特定区域中的物种总数。

1.4 数据分析工具与方法 运用 Excel 工具分类和整理数据,利用公式计算物种多样性指数和 Pearson 相关性分析,使用 R 语言分析相关性并制图。

2 结果与分析

2.1 收集样品的概况及分类 全省共收集样品 8416 份,按种质类型区分,地方品种资源最多,共 7514 份,占收集样品总数的 89.28%;其次是野生资源,共 800 份,占收集样品总数的 9.51%;选育品种 74 份和引进品种 28 份。按资源类型区分,粮食作物共 4644 份,占收集样品总数的 55.18%,其次是蔬菜共 1660 份,占总数的 19.72%;果树共 1003 份,占总数的 11.92%;经济作物和牧草绿肥分别是 946 份和 163 份。本次普查与调查行动,收集到的 8416 份样品隶属于 78 个科,241 个属,391 个种(表 2),在 78 个科中,豆科、禾本科、蔷薇科、葫芦科资源样品份数居前 4 位,分别占样品总数的 27.14%、25.71%、7.97% 和 5.41%。样品数量最多的豆科作物中,有 27 个属,39 个种,其中样品数量最多的是菜豆属的普通菜豆种。在禾本科作物中,玉蜀黍属和稻属的样品数量最多,分别占禾本科作物总数的 34.70% 和 31.83%。

2.2 收集样品的多样性

2.2.1 资源收集样品在地市(州)层级的分布水平

由表 3 可以看出,在地市(州)层级上,收集样品份数前三的分别是大理白族自治州、楚雄彝族自治州和曲靖市,占收集样品总数的 9.87%、9.67% 和 8.50%,而份数最少的是西双版纳傣族自治州,共 144 份,仅占收集样品总数的 1.71%。

按照作物种类划分,楚雄彝族自治州收集到的粮食作物最多,有 502 份,最少的是西双版纳傣族自

治州,仅 96 份;曲靖市收集到的蔬菜最多,有 169 份,最少的是迪庆藏族自治州,共 24 份;文山壮族苗族自治州的经作物最多,有 147 份,迪庆藏族自治州最少,仅 7 份;昭通市的果树资源最多,有 143 份,最少的是西双版纳傣族自治州,仅 2 份;昆明市的牧草绿肥资源最多,有 78 份;西双版纳傣族自治州未收集到牧草绿肥类资源样品。

由图 1 可知,按照种质类型划分,各地市(州)资源样品均都有地方品种,而且占比很高,其中迪庆藏族自治州除 1 份野生资源外,其余的样品均为地方品种;野生资源占比最高的是文山壮族苗族自治州;选育品种主要来自曲靖市、西双版纳傣族自治州和德宏傣族景颇族自治州;引进品种份数较多的有保山市、丽江市、玉溪市、怒江傈僳族自治州和文山壮族苗族自治州。

各地市(州)收集样品所属科的分布差异较大(图 2)。在粮食作物中,红河哈尼族彝族自治州有 10 个科,分别是禾本科、豆科、蓼科、茄科、薯蓣科、菊科、十字花科、苋科、百合科、伞形科,其次是普洱市,有 9 个科;再者是文山壮族苗族自治州、临沧市各有 8 个科。在这 3 个地市(州)里,禾本科、豆科、蓼科的样品数量是较多的。在蔬菜作物中,德宏傣族景颇族自治州有 18 个科,其次是大理白族自治州、玉溪市各有 16 个,而数量最少的是西双版纳傣族自治州,仅有 7 个科,葫芦科、百合科的样品居多。在果树中,红河哈尼族彝族自治州有 15 个科,其次是玉溪市,有 13 个科,然后是临沧市、文山壮族苗族自治州,各有 12 个科,有蔷薇科、芸香科、柿科、葡萄科等,其中蔷薇科占比最大。迪庆藏族自治州仅有 1 个科 4 份资源样品。在经济作物中,文山壮族苗族自治州有 14 个科,其次是昆明市、大理市各有 13 个科,西双版纳傣族自治州仅有 3 个科,山茶科的资源样品居多。在牧草绿肥中,昆明市共有 17 个,其次是大理市、玉溪市各有 4 个,禾本科、豆科资源样品数居多。

2.2.2 云南少数民族对农作物资源的利用情况

根据调查表记载的资源样品提供人的信息,有 30 个民族利用了地方品种资源(表 4)。资源样品份数在 100 份以上的民族有汉族、彝族、哈尼族、傈僳族、白族、苗族、佤族、纳西族、傣族、壮族共 10 个,其中汉族最多,利用资源 3909 份,约占地方品种资源

表 2 收集样品的分类及数量

序号	科	属	种	份数	比例(%)	序号	科	属	种	份数	比例(%)
1	豆科	27	39	2284	27.14	40	桔梗科	2	2	3	0.04
2	禾本科	48	66	2164	25.71	41	漆树科	1	1	3	0.04
3	蔷薇科	18	41	671	7.97	42	车前科	1	1	2	0.02
4	葫芦科	9	14	455	5.41	43	冬青科	2	2	2	0.02
5	十字花科	8	15	408	4.85	44	杜鹃花科	1	1	2	0.02
6	茄科	6	11	380	4.52	45	番木瓜科	1	1	2	0.02
7	山茶科	2	17	306	3.64	46	壳斗科	1	2	2	0.02
8	蓼科	3	5	253	3.01	47	萝卜科	1	1	2	0.02
9	百合科	2	9	177	2.10	48	木犀科	1	1	2	0.02
10	苋科	2	8	157	1.87	49	石竹科	1	1	2	0.02
11	伞形科	5	6	156	1.85	50	檀香科	1	1	2	0.02
12	菊科	15	20	107	1.27	51	五味子科	1	1	2	0.02
13	薯蓣科	1	4	107	1.27	52	玄参科	1	2	2	0.02
14	柿科	1	3	91	1.08	53	荨麻科	1	1	2	0.02
15	天南星科	1	2	87	1.03	54	亚麻科	1	1	2	0.02
16	唇形科	8	9	83	0.99	55	灯心草科	1	1	1	0.01
17	大戟科	5	5	76	0.90	56	蝶形花科	1	1	1	0.01
18	姜科	3	3	58	0.69	57	杜英科	1	1	1	0.01
19	芸香科	2	9	54	0.64	58	番荔枝科	1	1	1	0.01
20	藜科	3	4	43	0.51	59	柑橘亚科	1	1	1	0.01
21	猕猴桃科	1	9	42	0.50	60	橄榄科	1	1	1	0.01
22	葡萄科	1	7	40	0.48	61	胡麻科	1	1	1	0.01
23	石榴科	1	1	25	0.30	62	楝科	1	1	1	0.01
24	鼠李科	2	3	22	0.26	63	列当科	1	1	1	0.01
25	大麻科	1	1	15	0.18	64	马兜铃科	1	1	1	0.01
26	芝麻科	1	1	14	0.17	65	买麻藤科	1	1	1	0.01
27	木通科	1	2	11	0.13	66	乔本科	1	1	1	0.01
28	桑科	3	4	11	0.13	67	忍冬科	1	1	1	0.01
29	锦葵科	6	7	10	0.12	68	山柑科	1	1	1	0.01
30	杨梅科	1	4	9	0.11	69	黍亚科	1	1	1	0.01
31	美人蕉科	1	1	7	0.08	70	水东哥科	1	1	1	0.01
32	芭蕉科	2	4	6	0.07	71	五加科	1	1	1	0.01
33	山茱萸科	1	2	6	0.07	72	西番莲科	1	1	1	0.01
34	三白草科	1	1	5	0.06	73	香蒲科	1	1	1	0.01
35	莎草科	4	5	5	0.06	74	旋花科	1	1	1	0.01
36	胡桃科	1	2	4	0.05	75	鸭跖草科	1	1	1	0.01
37	睡莲科	1	1	4	0.05	76	越橘科	1	1	1	0.01
38	藤黄科	1	1	4	0.05	77	樟科	1	1	1	0.01
39	胡颓子科	1	2	3	0.04	78	紫草科	1	1	1	0.01

表 3 云南省各地市(州)收集样品情况

地市(州)	总份数	占比(%)	粮食作物	蔬菜	经济作物	果树	牧草绿肥
大理白族自治州	831	9.87	490	155	63	110	13
楚雄彝族自治州	814	9.67	502	166	89	51	6
曲靖市	715	8.50	365	169	54	120	7
红河哈尼族彝族自治州	700	8.32	364	94	99	136	7
昭通市	687	8.16	342	137	63	143	2
文山壮族苗族自治州	665	7.90	290	154	147	66	8
昆明市	633	7.52	340	89	45	81	78
普洱市	527	6.26	303	95	105	21	3
临沧市	484	5.75	257	79	86	60	2
玉溪市	480	5.70	272	79	37	77	15
保山市	442	5.25	199	132	61	43	7
怒江傈僳族自治州	404	4.80	256	85	28	33	2
丽江市	394	4.68	262	75	21	28	8
德宏傣族景颇族自治州	287	3.41	135	91	31	28	2
迪庆藏族自治州	209	2.48	171	24	7	4	3
西双版纳傣族自治州	144	1.71	96	36	10	2	0

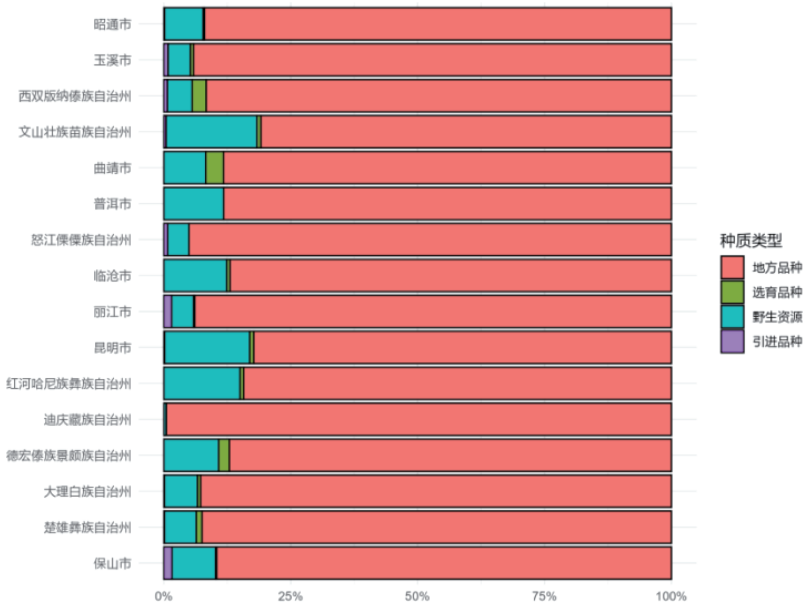


图 1 资源类型在各地市(州)的分布

(7514 份)的 52.02%,其次是彝族,有 1213 份,占地方品种资源的 16.14%。在这 30 个民族里,资源样品数最少的是东乡族、侗族和畲族,均只有 1 份。

由图 3 可知,在上述资源样品份数较多的 10 个民族中,汉族掌握的作物种类共有 307 个,其中份数较多的是普通菜豆、玉米、水稻、梨、大豆、茶树,分别是 451 份、341 份、211 份、205 份、193 份、139 份。

其次是彝族共有 141 类作物,然后是白族共有 82 类作物,傈僳族、哈尼族、傣族、纳西族、壮族、苗族和佤族掌握的作物类别分别有 72 个、65 个、58 个、52 个、50 个、43 个和 39 个。同一个民族的资源样品份数多,但种类不一定多,比如哈尼族,虽然收集了 455 份样品,但种类还没有白族多。图 3 中,汉族独有的资源作物类别有 156 个,彝族有 22 个,傣族有 8 个,

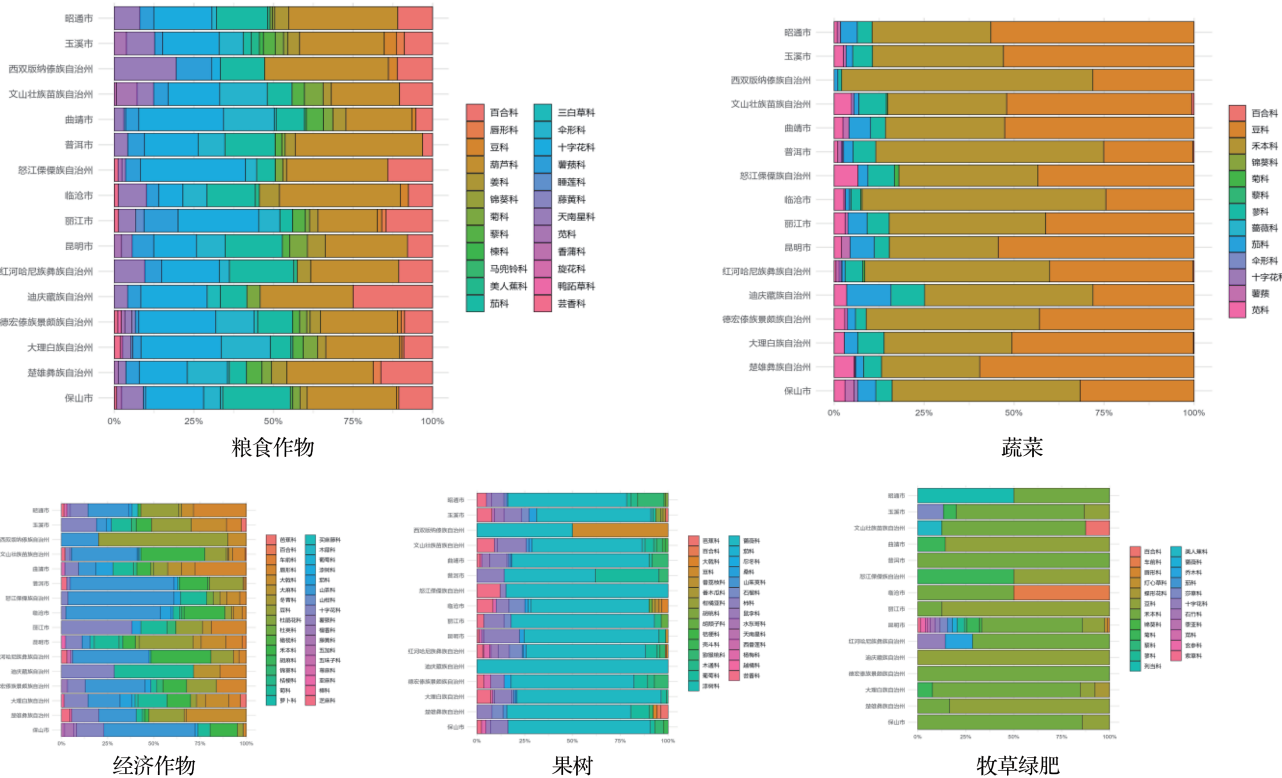


图 2 各地市(州)资源类型在科水平上的分布

表 4 地方品种样品提供人的民族与样品份数

提供人民族	份数	占比(%)	提供人民族	份数	占比(%)	提供人民族	份数	占比(%)
汉族	3909	52.02	拉祜族	72	0.96	景颇族	12	0.16
彝族	1213	16.14	藏族	58	0.77	土家族	12	0.16
哈尼族	455	6.06	瑶族	44	0.59	水族	7	0.09
傈僳族	385	5.12	怒族	40	0.53	蒙古族	6	0.08
白族	372	4.95	布朗族	39	0.52	布依族	5	0.07
苗族	201	2.68	回族	31	0.41	满族	5	0.07
佤族	185	2.46	阿昌族	26	0.35	维吾尔族	2	0.03
纳西族	143	1.90	基诺族	24	0.32	东乡族	1	0.01
傣族	119	1.58	普米族	19	0.25	侗族	1	0.01
壮族	114	1.52	独龙族	13	0.17	畲族	1	0.01



图 3 云南少数民族掌握的作物种类、份数及分布情况

白族和傈僳族有 5 个,佤族有 4 个,壮族、纳西族有 3 个,哈尼族、苗族有 2 个,剩余的都是民族之间共有。

2.2.3 收集样品在不同农业生态种植区的多样性

根据《云南省种植业区划》^[3]将云南省种植业划分为 5 个区,即滇中高原盆地粮、烟、油、菜、果、桑区,滇南中山宽谷粮、油、蔗、茶区,滇东北山原旱粮、烟、果区,南部边缘低山宽谷盆地稻谷、热作、蔗、茶区和滇西北高山峡谷旱粮、药材区。在这 5 个区中,滇中高原盆地粮、烟、油、菜、果、桑区收集样品数量最多,共 3415 份(表 5),占收集样品总数的 40.58%,表明这个农业生态种植区现存的种质资源样品数最多、类型也最丰富,种质资源对这个区域粮经作物生产种植、食物安全的支撑作用更为明显。收集样品总数最少的是滇西北高山峡谷旱粮、药材区,共 842 份,占收集样品总数的 10.00%。

2.2.4 海拔因子驱动的收集样品多样性

2.2.4.1 资源样品数量随海拔高度的变化

本次收

集的资源样品海拔高度分布在 381.81~3315.66m 之间,将其划分为 0~500m、500~1000m、1000~1500m、1500~2000m、2000~2500m、2500~3000m 和 3000m 以上 7 个梯度。收集的 8416 份样品份数总体呈现随海拔的升高先上升后下降的趋势(图 4),其中在海拔 1500~2000m 范围内的样品数量最多,共 3377 份,占 40.13%;分布在 0~500m、500~1000m、1000~1500m、2000~2500m、2500~3000m 和 3000m 以上范围内的样品份数依次为 46 份、512 份、1994 份、2074 份、365 份、48 份,占比分别为 0.55%、6.08%、23.69%、24.64%、4.34%、0.57%。

2.2.4.2 资源样品所属的科随海拔高度的变化

所有征集到的样品有 78 个科,选取其中资源份数大于 40 份的 21 个科进行不同海拔梯度中农作物在科水平上的组成分析。从图 5 可看出,在这 7 个海拔梯度中,禾本科、豆科、十字花科、百合科、菊科、蔷薇科、茄科均有分布,其中豆科、禾本科、蔷薇科 3 个

表 5 不同种植区种质类型数量 (份)

种植区	地方品种	野生资源	选育品种	引进品种	合计
滇中高原盆地粮、烟、油、菜、果、桑区	3031	344	28	12	3415
滇南中山宽谷粮、油、蔗、茶区	1673	252	12	6	1943
滇东北山原旱粮、烟、果区	1094	92	21	1	1208
南部边缘低山宽谷盆地稻谷、热作、蔗、茶区	909	87	11	1	1008
滇西北高山峡谷旱粮、药材区	807	25	8	2	842

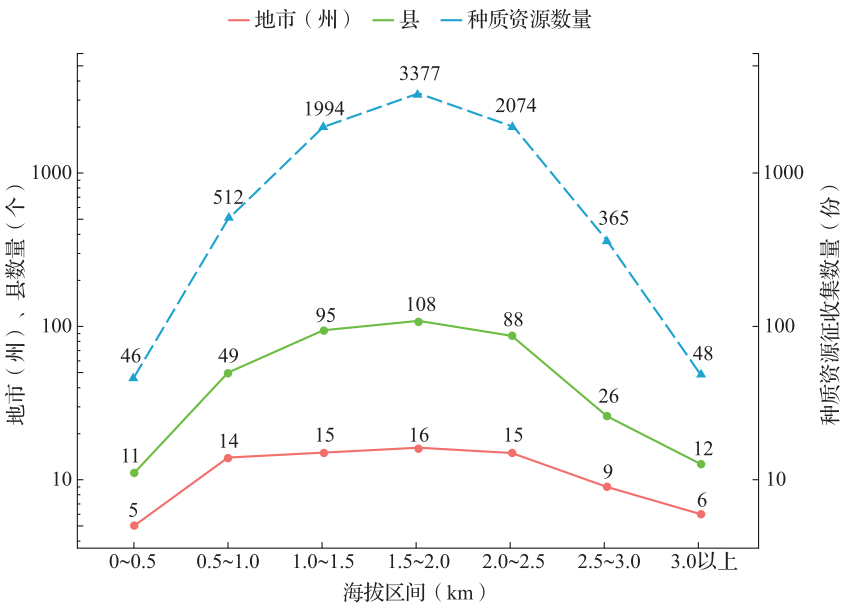
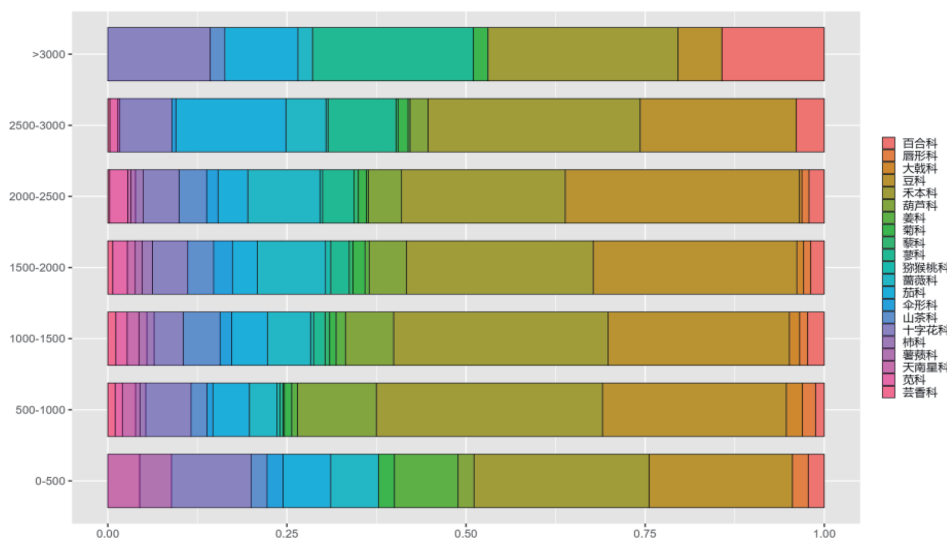


图 4 云南省农作物种质资源海拔分布与地市(州)、县数量关系图



科在这 7 个海拔梯度中的资源样品数量居前 3 位, 豆科广泛分布在海拔 1500~2000m 和 2000~2500m 处, 分别有 928 份、662 份。该科作物在云南省种类多样, 有多花菜豆、普通菜豆、大豆、小豆、绿豆、利马豆、豇豆、扁豆、饭豆等。禾本科广泛分布在 1000~1500m 和 1500~2000m 处, 分别有 567 份、851 份, 在低海拔 0~500m 和高海拔 3000m 以上分别有 11 份和 12 份。蔷薇科主要分布在海拔 1000~3000m 处, 随着海拔的升高, 收集的数量也增加, 主要以梨、李、桃、苹果果树为主。茄科广泛分布在 1000~2000m 处, 随着海拔的升高, 数量逐渐减少, 在 3000m 以上的高海拔地区收集到 5 份高山马铃薯资源。在这 21 个科中, 数量最少的猕猴桃科广泛分布于 1500~2000m 处, 但物种较为丰富, 有美味猕猴桃、中华猕猴桃、京梨猕猴桃、粉果猕猴桃、葛枣猕猴桃、阔叶猕猴桃、栓叶猕猴桃、硬齿猕猴桃和中越猕猴桃共 9 种。

图 6 21 个科的收集样品在不同海拔区间的相关性分析

2.2.4.3 海拔因子与农作物种质资源物种多样性的相关性分析

分析了资源收集样品数量大于 40 份的 21 个科在不同海拔上的相关性(图 6)。结果表明, 21 个科的收集样品中, 豆科、禾本科、茄科、菊科、百合科等多个科的样品数量与海拔之间呈现显著或者极显著相关, 说明这些科的种质资源分布较为一致。例如, 禾本科、豆科作为全省的主要粮食作物与葫芦科、十字花科、茄科等占比较高的蔬菜作物相互间呈显著或者极显著正相关, 这些科主要的分布规律是收集样品数量随着海拔升高而逐渐降低。

2.2.2.4.4 海拔、地区与农作物种质资源物种多样性的相关性分析

通过对不同海拔、地区作物资源的多样性指数和丰富度指数分析发现,二者具有相似的变化规律,即整体上随海拔高度增加而减小(表6)。德宏傣族景颇族自治州、保山市、红河哈尼族彝族自治州均具有较高的多样性,分别位于南部边缘低山宽谷盆地稻谷、热作、蔗、茶区,滇中高原盆地粮、烟、油、菜、果、桑区,以及滇中南宽谷粮、油、蔗、茶区。迪庆藏族自治州和怒江傈僳族自治州位于滇西北旱粮和药材区,其生物多样性指数相对较低。云南西双版纳傣族自治州位于滇西北边缘低山宽谷盆地的稻作、蔗、茶区,但受旅游业发展影响,其物种多样性急剧下降。采集于红河哈尼族彝族自治州和昭通市 0~500m 海拔地区的

表 6 各州、市不同海拔梯度的物种多样性比较

多样性 指标	海拔 (m)	大理白族 自治州	楚雄 彝族 自治州	曲靖市	红河哈尼 族彝族 自治州	昭通市	文山壮族 苗族 自治州	昆明市	普洱市	临沧市	玉溪市	保山市	怒江傈 僳族 自治州	丽江市	德宏傣族 景颇族 自治州	迪庆藏族 自治州	西双版纳 傣族 自治州
多样性指 数 H'	0~500				2.2460	2.8465	0.6931		0.6931	1.0986							
	500~1000		1.9459	2.2539	2.5227	3.4523	2.9960		2.8145	1.9770	1.9459	2.5232	1.0986		3.1493		2.2516
	1000~1500	3.0008	3.6114	2.9325	3.6053	3.4376	3.8559	3.4147		3.3677	3.1998	3.0919	2.8644	3.0602	3.1885		2.3623
	1500~2000	3.7274	3.8554	3.8979	3.2880	3.2764	3.6837	4.1800	3.5284	3.1500	3.8359	3.7672	3.2521	3.4501	3.6441	2.2327	2.1640
	2000~2500	3.7778	3.3629	3.6465	2.8956	2.6772	1.9062	3.4526	2.6999	3.0269	3.3165	3.1941	2.9704	3.1650	2.8341	3.0667	
丰富度指 数 H	2500~3000	2.8796	2.4062	2.0947		2.0981		2.2371					2.9497	3.2518		2.4381	
	3000 以上	1.5607						0.6365					1.7623	2.0253		1.8462	
	0~500				2.3110	2.9747	0.5000		0.5000	0.8617							
	500~1000		1.7570	2.2363	2.8450	Inf	3.4990		3.3065	2.1099	0.8617	2.5500	0.8617		3.6814		2.6765
	1000~1500	3.3644	4.4378	Inf	Inf	Inf	Inf	3.8637		4.1443	3.7466	3.8178	3.4131	3.5450	3.6583		2.9155
优势度指 数 D	1500~2000	Inf	Inf	Inf	Inf	4.0635	4.6783	Inf	Inf	Inf	Inf	Inf	4.1288	4.1792	4.5521	2.3823	2.3661
	2000~2500	Inf	Inf	Inf	3.3672	3.1694	1.7874	Inf	3.1122	3.7234	4.1553	3.866	3.7996	4.0597	2.9942	3.8137	
	2500~3000	3.4555	2.5571	2.1042		2.1501		2.5573					3.5441	4.0118		3.1017	
	3000 以上	1.4153						0.5283					1.9999	1.9791		1.8787	
	0~500				0.8711	0.9388	0.5000		0.5000	0.6667							
均匀度指 数 EH	500~1000		0.8571	0.8889	0.8866	0.9576	0.9432		0.9302	0.8281	0.6667	0.9156	0.6667		0.9082		0.8047
	1000~1500	0.9420	0.9608	0.8762	0.9532	0.9417	0.9664	0.9601		0.9270	0.9423	0.8956	0.9338	0.9433	0.9277		0.8192
	1500~2000	0.9616	0.9626	0.9629	0.9214	0.9235	0.9639	0.9704	0.9479	0.9072	0.9608	0.9635	0.9356	0.9531	0.9594	0.8532	0.8600
	2000~2500	0.9556	0.9315	0.9549	0.9298	0.9010	0.8438	0.9252	0.9160	0.9230	0.9478	0.9441	0.9183	0.9278	0.9301	0.9290	
	2500~3000	0.9251	0.8920	0.8611		0.8639		0.8514					0.9344	0.9472		0.8866	
均匀度指 数 EH	3000 以上	0.7778						0.4444					0.8235	0.8600		0.8264	
	0~500				0.9366	0.9848	1.0000		1.0000	1.0000							
	500~1000		1.0000	0.9788	0.8904	0.9017	0.9555		0.9395	0.8998		0.9837	1.0000		0.8658		0.7790
	1000~1500	0.9571	0.9096	0.7496	0.8486	0.8297	0.8548	0.9605		0.8609	0.9151	0.8326	0.9408	0.9393	0.9042		0.7642
	1500~2000	0.8744	0.8633	0.8600	0.7765	0.8375	0.9034	0.8826	0.8549	0.7791	0.8546	0.8809	0.8401	0.9117	0.8975	0.8985	0.9024
均匀度指 数 EH	2000~2500	0.8168	0.8214	0.8526	0.9235	0.8794	0.9796	0.7972	0.9170	0.8584	0.8873	0.9135	0.8424	0.8468	0.9625	0.8697	
	2500~3000	0.8946	0.9381	0.9534		0.9549		0.8722					0.9281	0.9005		0.8280	
	3000 以上	0.9697						0.9183					0.9836	0.9740		0.9488	

空值表示该州(市)不分布在此海拔区域, Inf 为缺失值

样本,其物种多样性指数和丰富度指数都较高。海拔在 500~1000m 区间的昭通市的物种多样性指数、德宏傣族景颇族自治州的丰富度指数高于其他区域。在海拔 1000~1500m 范围内,文山壮族苗族自治州的物种多样性指数、楚雄彝族自治州丰富度指数高于其他区域。在 1500~2000m 范围内,昆明市的物种多样性指数、德宏傣族景颇族自治州和文山壮族苗族自治州的丰富度指数均高于其他区域。在 2000~2500m 的海拔高度上,大理白族自治州和曲靖市的多样性指数、丽江市和玉溪市的丰富度指数均高于其他区域。在海拔 2500~3000m 区间,丽江市和怒江傈僳族自治州采集样本的物种多样性指数、丰富度指数均高于其他区域。海拔在 3000m 以上的地区,丽江市和怒江傈僳族自治州采集样本的物种多样性指数、丰富度指数均高于其他区域。

Simpson 优势度指数反映了群体在不同海拔高度上的聚集程度,指标值越大表明种群在这一地区的分布越集中,且具有较强的优势。昭通市、文山壮族苗族自治州、昆明市在不同海拔区间的优势度指数普遍高于其他地区,这表明在这 3 个区域内征收的农作物种质资源在种类和数量上较为集中,这 3 个地区的豆科和禾本科作物的比例也相对较多,可能导致优势度指数偏高。Pielou 均匀度指数体现了物种的分布均匀性,文山壮族苗族自治州、普洱市、怒江傈僳族自治州等地的均匀度指数高于其他地区,说明这些地区的农作物种质资源在不同海拔区间征收种类和数量较均匀。

对 4 种多样性指标进行 Pearson 相关性分析,结果表明:在 6 个海拔高度上,作物种质资源的多样性指数与丰富度指数之间存在着极显著的正相关关系,海拔在 1000~1500m、3000m 以上优势度指数与均匀度指数存在显著正相关关系(图 7)。

3 讨论

3.1 征(收)集种质资源数样品数量与地区发展关系 农作物种质资源不仅为人类的基本生活需求提供必要原材料,还为人类的生存创造了优良的生态条件,并为培育人类所需的多样作物新品种、开展生物技术研究提供了源源不断的基因库。国家对此给予高度重视,已连续 3 次从国家级别推动农作物种质资源的普查、收集与保护工作,使其成为

农业科研的基础性常规任务。虽然国家和政府积极推动资源的收集工作,但社会经济发展对生物多样性的影响仍然很大。在本次调查中,云南省总共收集了 8416 份样本。通过此次调查,云南省内 16 个地市(州)的农业生物资源随着社会经济的发展,其品种多样性出现了显著的变化,经济较为发达的地区所收集的农作物资源数量和种类较少,而在经济相对落后的地区,农作物多样性则相对丰富。当地为发展商品化生产,调整了原有的种植结构,对地方品种的保留造成了较大影响。如当地调整部分土地用于种植一些经济作物,这在很大程度上挤占了原有老品种的种植区域,华宁县 20 世纪 50~60 年代发展烟草产业,70 年代发展冬早蔬菜,80 年代发展柑橘产业,随着果树、蔬菜和烟草等效益较好的经济作物的产业化发展,部分土地用于种植柑橘、蔬菜和烤烟。调查中,有很多村委会将水田都拿来种植柑橘和蔬菜,使原有的品种结构发生了很大变化,许多地方品种因此退出历史舞台,由产量和经济价值高的新作物和新品种替代。在此次调查期间,发现了一些濒危的农作物,如具有紫色果肉的威信毕坝乌桃、南涧县无量山镇德安村的紫色小土豆、元谋的红皮余甘子、屏边的紫色果实茶、昌宁的土锅山大叶茶、云龙县的野生小西红柿等。这些资源多具有抗逆性强、营养品质好等特性,是育种和种质创新的重要材料,有些资源对作物起源与演化研究有不可或缺的作用,有的对研究农业起源和农耕文化也具有重要意义。

3.2 征(收)集种质资源与民族传统文化、农耕文明的关系 云南省地处中国西南部,北靠缅甸、老挝、越南,是世界上生物多样性丰富的地区之一。该地区具有复杂的自然生态环境、多样的气候,生物种类和生物资源在全国名列前茅,特有少数民族众多,民族传统文化也十分丰富。全省共有 25 个少数民族,包括 16 个跨境民族和 15 个特有少数民族,其中白族、纳西族、傈僳族、怒族、独龙族和普米族 6 个特有的少数民族主要集中生活在滇西北地区。尽管云南省土地面积仅占全国土地面积的 0.8%,但却是世界上生态系统类型、物种种类、特有种最多的地区,也是中国生物多样性和世界生物多样性最丰富的区域^[12]。

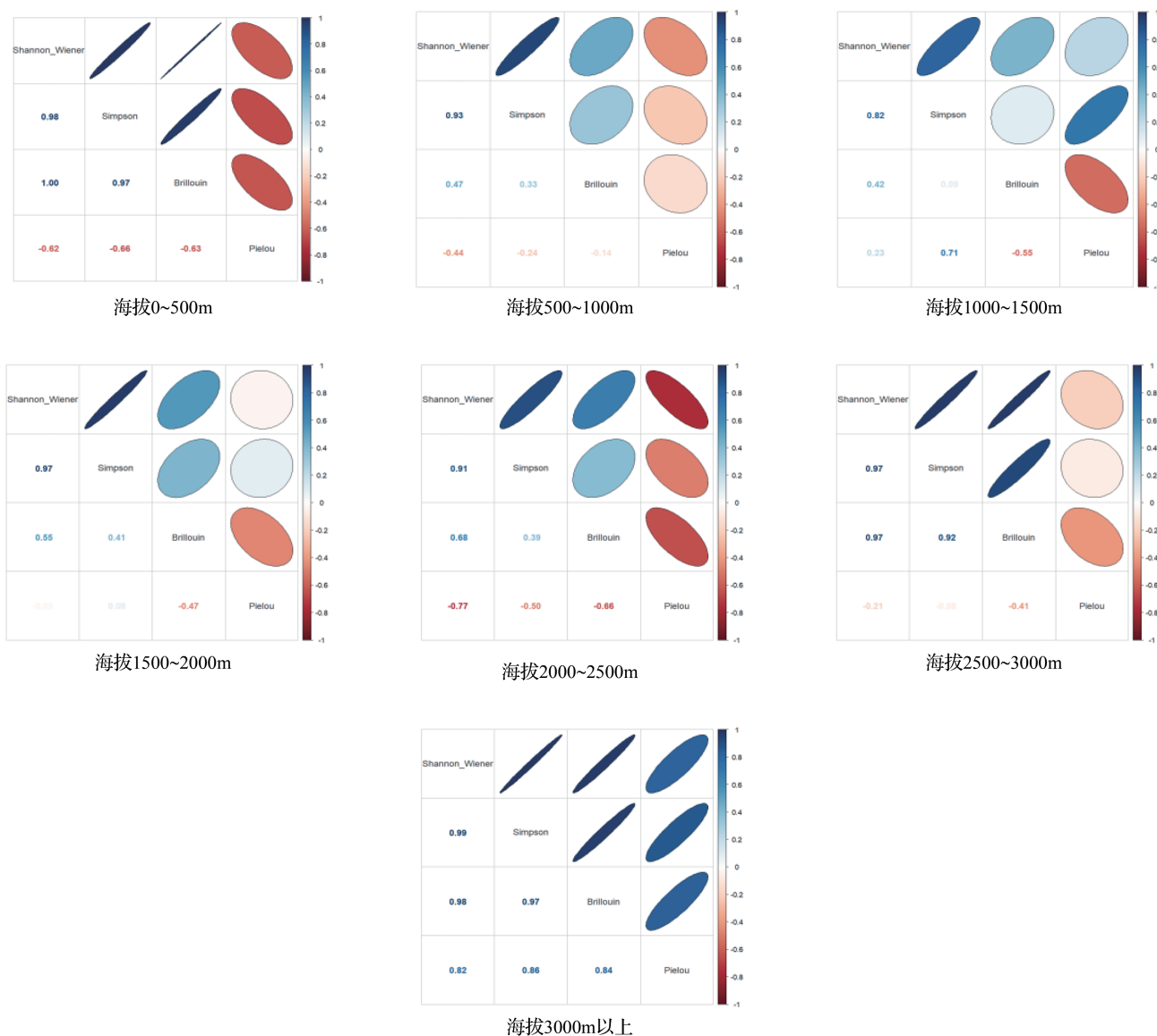


图7 不同海拔梯度的物种多样性指数相关性

本次征(收)集种质资源中,收集份数较多的少数民族为彝族、哈尼族、傈僳族、白族,由于这些民族人口占比较高,因此也掌握了更多的资源。这些资源有承载着民族传统文化基因或民间故事的重要种质资源,也有见证农耕文明变迁的种质资源,从不同角度揭示了保护好种质资源的重要性,对丰富和发展民族传统文化、适应不断变化的自然和社会环境新要求具有现实意义。

滇西北各民族积累的传统知识包含与丰富的生物多样性和保护传统文化相关联的内涵和实践经验,如当地群众充分利用森林中的物种多样性,将其中有重要价值的物种(食用、药用、观赏、油料等)引种到庭院种植,形成了庭院种植文化;除有玉

米、青稞、荞麦等高山旱作传统农耕知识外,还将玉米、豆类等农作物或中药材等与林木混种、间种,形成了混林农耕文化,同时,滇西北各族群众对农作物种质资源的认知、利用等传统知识呈现多样化的民族特点。如木瓜的利用,白族用木瓜腌制成咸菜或直接泡酒,傈僳族、纳西族用新鲜木瓜煮鸡、鱼或蘸辣椒生食;还有茶叶的制作及饮用,如怒族等的盐巴茶,藏族、纳西族等的酥油茶,纳西族等的“龙虎斗”茶等都是丰富多彩的传统文化。保护种质资源就是保护传统文化,为发展地方特色产业,促进乡村振兴,建设富裕、宜居、绿美乡村储备关键种质资源。

还有一些见证农耕文明演进的种质资源,如攀

天阁老黑谷、澜沧景迈古茶。攀天阁老黑谷在维西攀天阁迪姑普米族村庄百年生计模式的演化中扮演了重要角色,普米族源于古氏羌族,自13世纪起陆续迁至宁蒗、丽江、维西、兰坪等地定居;迪姑普米族村百年来的生计模式可分为3个阶段:迪姑在集体化之前由游牧和采猎为主,逐渐向以稻作、牧、畜和采猎为主的多元化经济形态转化,使各种生计模式有机地融合在一起,从而发展出一种独具中国农业发展传统的循环经济模式。集体化期间,迪姑村以接受雨养种植为特征的生计方式得到了进一步的发展,其转型的机遇在于村民在周边山区的开垦;迪姑村在集体化后,由于土地分到家庭,其生活形态日趋多样化,却也逐步打破了原有的生活形态间的有效联结。迪姑村有个叫落水洞的坝子,记载有光绪三十二年(1906年)维西通判官冯舜生率领乡民围海千余亩、大面积栽种“攀天阁黑谷”之事。所以,此次采集到的“攀天阁”黑色谷,与普米族农业文化的发展史有着密切的联系,是普米族农业文明演化的核心种质,也是攀天阁黑谷规模化栽培的重要素材。澜沧景迈古茶,山茶科山茶属,澜沧县过渡、栽培古茶,最大的人工栽培古茶园位于县城东南部惠民镇境内的景迈芒景千年万亩古茶园。其范围包括景迈、芒景两个村委会的10个村民小组,最高海拔1662m,最低海拔1100m,总面积1078.2hm²,年产干茶200~300t,据芒景佛寺木塔石碑傣文记载,是当地傣族、布朗族先民驯化栽培,迄今有1000多年历史,故称为景迈芒景千年万亩古茶园,是世界上保持较完好的大面积栽培古茶园之一。澜沧景迈古茶是构建生态茶园景观、茶园生产、农民生活为一体、生产出承载民族传统文化的种质资源,在研究农耕制度由采集向耕种变迁中具有独特的作用。

3.3 征(收)集种质资源与地理环境的关系 云南省地理环境复杂,气候类型多样,海拔高度差异明显(76.4~6740.0m),处于高山峡谷和山间盆地的过渡地带,分布着北热带、南亚热带、中亚、北亚热带、南温带、中温带、高原等7种气候类型。由于特殊的地理、生态环境,造成了一定程度的地理隔离与生态隔离,从而造成了生殖隔离,使这一地区拥有了丰富多样的生物品种,以及数量众多的稀有物种。根据云南气候、农业类型,结合种植业的特点,将种植

区划分为5类,分别是滇中高原盆地粮、烟、油、菜、果、桑区,滇南中山宽谷粮、油、蔗、茶区,滇东北山原旱粮、烟、果区,南部边缘低山宽谷盆地稻谷、热作、蔗、茶区和滇西北高山峡谷旱粮、药材区。其中滇中高原盆地及滇南、滇东山地收集资源份数较其他种植区多,而高山峡谷地区资源份数较少,个别作物极具代表性。

此次征(收)集行动中,收集了一些与地形环境密切相关并与生态和谐发展的种质资源,例如西盟米荞和福贡县鸡脚稗。西盟米荞为西盟佤族自治县特有的荞麦品种,球形,籽皮平滑且易于剥离,便于食用,口感佳。主要产于滇南边远的阿佤高寒地区,生长在海拔1500~2000m的山区,不使用化肥和农药,符合绿色食品标准,籽粒含多种营养成分。该品种耐寒、耐热、耐旱涝和耐贫瘠,生命力强,曾广泛分布于云南省的普洱、西双版纳、临沧等地,现几乎濒临绝迹,仅在西盟佤族自治县小范围内有分布,于1986年10月被收录于《农业生产实用技术小丛书》中,并命名为西盟米荞。一般在每年8月下旬至9月上旬播种,当年12月中旬开始收获,可制成米荞饭、米荞粥、米荞饼、米荞茶等。西盟米荞不仅是营养丰富的粮食作物,更是兼具营养、保健和药用多重优势的特色农作物。福贡县鸡脚稗,福贡县地形多山,适宜耕作的土地非常分散,地块较小,坡度在25°以下的耕地面积较小,人均可利用土地面积积极有限。鸡脚稗在福贡县有悠久的种植历史,是当地傈僳族、怒族传统的农作物。多年种植已适应了当地气候和土壤环境,具有根系发达、分蘖率高、适应性强、抗逆性好、抗病虫害能力强、种植管理简单等特点。峡谷鸡脚稗酒清澈透明,香气宜人,入口柔和,甘甜回味,不会引起头疼或上火,已成为当地人喜爱的传统佳酿。

致谢:对本篇论文数据作出重要贡献的还包括参加云南省第三次全国农业种质资源普查和收集行动的全部普查及调查队成员、鉴定专家们,因篇幅限制未能逐一列举,在此统一表示感谢!

参考文献

- [1] 刘旭,李立会,黎裕,方涛.作物种质资源研究回顾与发展趋势.农学报,2018,8(1):1-6

- [2] 高爱农,杨庆文.作物种质资源调查收集的理论基础与方法.植物遗传资源学报,2022,23(1): 21-28
- [3] 潘炳献,姚宗文,魏申彩,恒树五.云南省种植业区划.昆明:云南科技出版社,1992
- [4] 马瑞.云南各民族人口变动研究.北京:中央民族大学,2022
- [5] 黄燕红,孙新立,王象坤.中国栽培稻遗传多样性中心和起源研究.植物遗传资源学报,2005,6(2): 125-129
- [6] 唐宇,邵继荣,周美亮.中国荞麦属植物分类学的修订.植物遗传资源学报,2019,20(3): 646-653
- [7] 张文驹,戎俊,韦朝领,高连明,陈家宽.栽培茶树的驯化起源与传播.生物多样性,2018,26(4): 357-372
- [8] 陈辉,范源洪,史宪伟,蔡青,张明,张亚平.甘蔗细茎野生种(*Saccharum spontaneum* L.)系统演化研究.作物学报,2001,27(5): 645-652
- [9] 林霜霜,陆佩兰,余文权,张海峰,赵杰樑,陈双龙,翁培铭,车建美,葛慈斌.福建省农作物种质资源调查收集与多样性分析.植物遗传资源学报,2024,25(3): 340-355
- [10] 苏艳,杨忠义,曹永生,刘义富,陈晓艳,奎丽梅,刘晓利.云南作物资源特征特性及生态地理分布研究XVI.蔬菜资源的多样性分布研究.植物遗传资源学报,2012,13(1): 52-56
- [11] 马克平,黄建辉,于顺利,陈灵芝.北京东灵山地区植物群落多样性的研究II 丰富度、均匀度和物种多样性指数.生态学报,1995,15(3): 268-277
- [12] 戴陆园,刘旭,黄兴奇.云南特有少数民族的农业生物资源及其传统文化知识.北京:科学出版社,2013

(收稿日期: 2024-09-02)

(上接第108页)

生含水量在19.60%时种子出苗率最高,手工剥壳的花生含水量在6.32%时出苗率最高,花生出苗受机械脱壳影响较大。本研究机械脱壳试验在辽宁秋季花生入库前进行,花生荚果含水量范围为5.76%~7.29%,试验还采用了次年春季的荚果进行机械剥壳,含水量范围为4.70%~5.70%,结果显示各品种(系)的机械出米率均略低。因此,高纬度地区冬季尽量不进行机械加工,花生收获后可在花生含水量较高时进行机械脱壳,以有效降低花生破损率。

参考文献

- [1] 万书波,张佳蕾.中国花生产业降本增效新途径探讨.中国油料作物学报,2019,41(5): 657-662
- [2] 王传堂,于树涛,朱立贵.中国高油酸花生.上海:上海科学技术出版社,2021
- [3] 孙旭亮,周庆强,江玉萍,李金山.青岛市花生种业现状、存在问题及发展对策.中国种业,2023(2): 45-47
- [4] 姜慧芳,任小平,王圣玉,廖伯寿.花生黄曲霉侵染抗性持久性及种皮完整性对产毒的影响.作物学报,2006,32(16): 851-855
- [5] 陆荣,刘志侠,高连兴,Chen C,Butts C L.美国花生脱壳机研究现状及发展分析.华中农业大学学报,2020,39(2): 170-180
- [6] 胡志超,王海鸥,胡良龙.我国花生生产机械化技术.农机化研究,2010,32(4): 240-243
- [7] Chang A S,Sreedharan A,Schneider K R. Peanut and peanut products: A food safety perspective. Food Control,2013,32(1): 296-303
- [8] 任亮,于树涛,孙泓希,殷业超,张晓光.花生农艺性状与荚果物理特性分析及适宜机械脱壳品种(系)筛选.分子植物育种. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231009.0848.002>
- [9] 丁彬,谢吉先,冯梦诗,陈志德,常蕾,蒋莹.种用花生荚果含水量对机械剥壳效率及效果的影响.花生学报,2021,50(3): 47-54
- [10] 丁彬,谢吉先,冯梦诗.不同花生荚果类型对机械剥壳效果的影响.江苏农业科学,2022,50(5): 180-184
- [11] 芦振华,李绍伟,殷君华,邓丽,苗建利,李阳,郭敏杰,胡俊平,任丽.高油酸花生开农1768在区域试验中主要性状的变异分析.中国种业,2024(1): 68-71
- [12] 陈志德,沈一,刘永惠,沈悦,梁满,谢焕雄,王建楠,刘敏基.不同花生品种(系)机械脱壳特性研究.江苏农业科学,2023,51(12): 91-95
- [13] 邓丽,郭敏杰,苗建利,殷君华,卢振华,任丽.我国高油酸花生品种(系)现状及可视化热图分析.种子,2023,42(2): 150-156
- [14] 谢焕雄,王建楠,胡志超,刘敏基,王海鸥,吴峰,高雪梅.我国种用花生机械化脱壳技术路线.江苏农业科学,2012,40(10): 356-358
- [15] Davis N D. Peanut storage studies: Effect of storage moisture on three varieties of runner peanuts. Journal of the American Oil Chemists Society, 1961,38(10): 516-517
- [16] 王京,高连兴,刘志侠,杨德旭.花生荚果力学特性研究.农机化研究,2017,39(1): 182-186,196
- [17] 郭陞垚,陈剑洪,陈永水,肖宇,王金线,陈如艳.不同剥壳方式、含水率对春花生种子发芽和出苗的影响.福建农业科技,2015(5): 1-3

(收稿日期: 2024-08-21)