

基于农民认知筛选的陕西优异作物种质资源特征分析

高飞¹, 吉万全², 高爱农³

(¹陕西省种子工作总站, 西安 710018; ²西北农林科技大学农学院, 陕西杨凌 712100; ³中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 基于陕西省在“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”中获得的农民认知和普查数据, 对收集筛选的优异资源进行分析, 发现陕西省优异资源的作物种类以常见大宗作物为主, 其中蔬菜、果树最多, 粮食作物次之, 表现为以品质优、外观好、适应性强为主, 其次是外部性状和抗性性状, 且口味是农民最关注的品质性状; 作物分布特点为关中地区蔬菜、果树较多, 陕南地区粮食作物较多, 且作物分布受自然和人文环境双重影响。农民认知能真实反应农民的主观需求、选择方向以及选择驯化策略或经验, 优质是农民留存资源的主因, 其次是外观和适应性, 且选择方向是以解决突出问题为主, 兼顾其他需求, 从而导致主要需求及其对应的主要优异性状与次要需求及其对应的优异性状具有较大相关性, 人工选择痕迹明显。因此, 陕西省优异资源受自然环境影响的同时, 人工选择使其更加丰富多彩。陕西省优异资源保护利用工作应充分考虑资源分布特点, 以资源价值发掘为重心, 通过建立合理的利益机制和管理机制, 逐步完善资源保护利用体系。

关键词: 陕西; 优异作物种质资源; 农民认知; 种质资源普查; 资源留存原因; 优异性状特性

Characteristics Analysis of Excellent Crop Germplasm Resources in Shaanxi Based on the Farmers' Cognition

GAO Fei¹, JI Wanquan², GAO Ainong³

(¹Shaanxi Seed Work Station, Xi'an 710018; ²College of Agronomy, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, Shaanxi; ³Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agriculture Sciences, Beijing 100081)

Abstract: Based on the farmers' cognition and survey data, this article analyzed the Shaanxi excellent germplasm resources, which collected from the “Third National Survey and Collection of Crop Germplasm Resources”. These germplasm resources are mainly common bulk crops, with the highest number of vegetables crops and fruit, followed by grain crops. The characteristics of these superior resources are mainly high-quality, good appearance and strong adaptability, while taste is the most important quality trait concerned by farmers, followed by appearance and resistance. The distribution of crops is characterized by a higher concentration of fruit crops and vegetables in Guanzhong region and a greater amount of grain crops in southern Shaanxi region. The distribution pattern is influenced by both natural and human environments. Farmers' cognition can truly reflect farmers' subjective needs, choices of direction, and selection strategies or experiences. High quality is the main demand for farmers to retain resources, followed by appearance and adaptability factors. The selection direction is mainly to solve prominent problems, while taking into account other needs, leading to a significant correlation between main needs and their corresponding main superior traits, and secondary needs and their corresponding superior traits, with obvious signs of artificial selection. While the formation of excellent resources in Shaanxi province are influenced by the natural environment, artificial selection has made them more rich and colorful. The protection and utilization of Shaanxi excellent resources should fully consider the characteristics of resource distribution, focus on exploitation of resource value, and gradually

收稿日期: 2024-03-20 网络出版日期: 2024-09-23

URL: <https://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20240320001>

第一作者研究方向为农业技术推广、种质资源保护利用及管理, E-mail: gordonz68@hotmail.com

基金项目: 陕西省物种资源保护项目(111821301354052199)

Foundation project: Shaanxi Conservation of Crop Germplasm Resources Program (111821301354052199)

improve the system of resource protection and utilization through establishing reasonable benefit mechanisms and management mechanisms.

Key words: Shaanxi; excellent crop germplasm resources; farmers' cognition; germplasm resources survey; reasons for preserving resources; excellent characteristics

陕西省南北狭长,跨越中温带、暖温带和北亚热带三个气候带,纵贯我国长江、黄河两大水系,涵盖秦巴山区、关中平原、陕北高原,复杂的地形地貌,多样的生态环境,悠久的农耕文化历史,孕育了丰富的农作物种质资源。曹永胜等^[1]统计结果显示,陕西省每 10^6hm^2 的种质数明显高于全国多数省份。陕西省通过农作物种质资源的开发与利用,选育出碧蚂一号、小偃6号^[2]、秦油2号^[3]等一大批国内有重大影响力的品种,为我国育种作出了突出贡献。优异农作物种质资源一般具有突出的优异性状,其研究及利用价值更高,陕西省独特的地理优势及悠久的农耕历史,使其优异资源的特征更具代表性,但目前未见相关的研究报告。2018年,陕西省启动了“第三次全国农作物种质资源普查与收集行动”,对全省88个农业县(区)开展全面普查,普查区域涵盖陕西省所有农业种植区域、生态类型、作物类型。以此次普查为契机,陕西省对优异资源进行了较为深入的调查,收集了大量优异资源样本和数据资料。本研究基于农民认知筛选的陕西优异农作物种质资源,对其种类、分布、优异性状及留存原因等方面进行深入分析,探索优异资源形成过程中自然环境及人文环境协同演化的作用,对陕西省优异农作物种质资源保护利用及陕西省种业创新发展具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 调查程序

本次普查行动由陕西省农业农村厅组织实施,相关市县农业农村局承担本辖区普查任务。各地根据农作物种质资源的种类和分布情况,确定普查的乡(镇)和重点村组,普查人员通过走访、询问、调查等方式深入乡村和农户,调查该村农作物品种、种植历史及现状,并收集不同种类的农作物种质资源^[4-6]。在普查基础上对发现的优异资源进行系统调查和抢救性收集。

1.2 筛选方法

优异资源筛选由陕西省种子工作站牵头,各普查单位收集辖区优异资源相关信息,省、市种子工作部门进行审核和筛选。筛选主要基于调查中

收集的农民认知资料,优异资源应符合以下标准:(1)在产量、品质、抗病虫、抗逆、高效等方面至少具有一个突出的优异性状。(2)资源描述应清楚、特性突出,选育品种年代短的一般不做考虑。(3)资源相关信息需基本齐全,主要包含资源留存原因、优异性状、照片等。部分资源已收录于《陕西省农作物种质资源上册》^[7]。

本研究农民留存资源原因中优质、外观好、适应性强分别对应味觉和嗅觉感知的口味性状、视觉感知的外部性状以及适应自然环境的抗性性状;经济效益好、营养健康、日常生活需要主要对应与高效性或特殊用途相关的性状;整体表现较好指没有突出优异性状,但综合表现好;种植年代久远、稀有性未对应具体优异性状。

1.3 研究方法

调查分析主要以农民认知为基础,首先确定优异资源留存的主因以及因此保留下来的优异性状,并分析主因与优异性状的关系,同时结合普查数据,分析资源种类和分布特点。本研究采用频数、频率和构成比等描述性统计方法对作物种类、分布、优异性状及留存原因等方面相关选项的被选择频率进行统计。一个因素出现频率或构成比越高,该因素在总样本中出现的频次或比重也越高,说明农民选择时更倾向于该因素;在一个因素基础上,其他因素中出现频次越高的因素说明被农民选择的概率也越高,可反映其他因素与这个因素的关联程度。在单因素和含有该因素的多因素比较分析中,单因素出现频率或构成比越高,那么该单因素在包含该因素的样本中出现的频次或比重也越高,所起作用的强度也越大,说明在该因素的选择驯化中,单因素频次或比重越高,可反映选择该因素后还能选择其他因素的难度越大。

由于调查群体较大,为确保调查内容科学可靠,调查方案设计简易明了。普查人员在访谈记录中,除按照普查行动统一要求记载有关信息内容外^[4],还需对优异资源留存原因及主要优异性状进行详细记载。在留存原因调查上,如实记录,并进行归类。在优异性状调查上,主要围绕产量、品质、抗病虫、抗逆、高效等优异性状,采用易被农民感知

和表达的具体性状进行针对性的询问调查和资料收集,特殊用途因优异性状记录中出现频率较高,也列入统计。

2 结果与分析

2.1 优异种质资源总体情况

陕西省 88 个普查县(区)累计普查农作物种质资源 4000 余份,最终筛选出优异性状较为突出的资源 313 份,其中地方品种 267 份、选育品种 8 份、野生资源 38 份,以地方品种为主,占比 85.30%。陕西省的作物类型以蔬菜、果树和粮食作物为主,经济作物和绿肥牧草较少,分别为 98 份、97 份、89 份、28 份、

1 份。各作物类型的作物种类均以常见大宗作物为主。

2.1.1 作物类型分布 北山和秦岭把陕西省分为北部陕北高原半干旱区(陕北地区)、中部关中平原半湿润区(关中地区)和南部秦巴山区湿润区(陕南地区)3大自然区,其中关中地区筛选到 147 份资源,陕北地区 80 份,陕南地区 86 份,优异资源涵盖 88 个普查县,每县平均 3.56 份资源。陕南地区的优异粮食作物最多,有 37 份,占粮食作物的 41.57%。经济作物在各地区均较少,且数量差异不大;果树资源在关中地区最多,有 60 份,占果树资源总数的 61.86%。蔬菜资源也在关中地区最多,有 50 份,占蔬菜资源总数的 51.02%(表 1)。

表 1 陕西各生态区优异农作物种质资源收集数量

Table 1 The quantity of excellent crop germplasm resources collected in various ecological regions of Shaanxi

分布区域 Distribution region	粮食作物 Food crop	经济作物 Economic crop	果树 Fruit crop	蔬菜 Vegetables crop	牧草绿肥 Green manure and forage crop	合计 Total
关中地区 Guanzhong region	27	10	60	50	0	147
陕北地区 Northern Shaanxi	25	10	22	23	0	80
陕南地区 Southern Shaanxi	37	8	15	25	1	86
合计 Total	89	28	97	98	1	313

2.1.2 作物种类分布 粮食作物中,玉米、大豆、谷子、水稻、菜豆及马铃薯是本次筛选中数量最多的 6 种作物,分别有 15 份、11 份、11 份、11 份、9 份和 8 份,共 65 份资源,占粮食作物总数的 73.03%(表 2)。玉米在宝鸡、咸阳、渭南、铜川、延安、汉中、安康、商洛等大多地市都有发现,在海拔 577~1700 m 的地区呈连续分布,即海拔每相差 100 m 的区域基本都有分布。玉米在陕西省分布广泛、适应性强,然而作为玉米重要产区的榆林和西安却未征集到资源,而在关中海拔较高地区及陕南海拔较低区域发现的较多,说明这些发展相对滞后、机械化程度较低的地区,受商业品种冲击较小,可能留存玉米地方品种。

经济作物中,以烟草、油菜、大麻、花椒居多,均为 4 份,共 16 份资源,占经济作物总数的 57.14%(表 2)。

果树中,柿、核桃、猕猴桃、梨、杏、桃、苹果属(含苹果、海棠、林檎、榭子)以及枣是数量最多的 8 类作物,分别有 16 份、12 份、11 份、8 份、8 份、7 份、8 份和 7 份,共 77 份资源,占果树总数的 79.38%(表 2)。柿分布在汉中北部宁强县至延安南部宜川县的陕西中部地区,其中关中地区 13 份,占 81.25%,在海拔 370~1100 m 的地区连续分布,平均海拔 822 m,说明关中地区是柿资源的富集区域;枣

主要分布在关中及陕北地区,其中关中地区为鲜食品种,陕北地区为制干品种。

蔬菜种类多达 28 种,甜瓜、葱、蒜、胡萝卜是数量最多的 4 种作物,分别有 11 份、9 份、9 份、8 份,共 37 份,占蔬菜资源的 37.76%(表 2)。甜瓜主要分布在关中和陕北地区,在海拔 400~600 m 及 800~1100 m 区域分布较为集中,均是 5 份,各占 45.45%,说明陕西甜瓜以关中和陕北为代表的两类资源为主。

综上,陕西优异资源作物类型以蔬菜、果树为主,粮食作物次之。蔬菜、果树等提高生活品质的作物在较为富饶的关中地区数量较多,而满足生活基本需求的粮食作物在发展相对落后的陕南地区较多。作物种类以玉米、大豆、油菜、柿、核桃、甜瓜、葱等常见大宗作物为主,作物的分布受生态环境影响,虽然有相对集中区域,但多数作物适应性强,分布范围广泛,如柿主要在关中地区,但在陕北及陕南也有分布;其次还受人工选择影响,如陕北地区的马铃薯种植面积大于陕南地区,但陕南地区征集筛选到 7 份资源,陕北地区只有 1 份,这与陕北地区机械化程度高、种薯以商业品种为主、陕南地区串种现象较为普遍有关。另外谷子分布范围广,但在陕北地区保留较多,这与陕北人喜食谷子制品有关。

表 2 陕西优异农作物种质资源分布情况

Table 2 Distribution of excellent crop germplasm resources in Shaanxi province

作物类型 Crop type	种 Species	份数 Accessions	海拔(m) Altitude	平均海拔(m) Average altitude	分布情况 Distribution	主要分布区 Main distribution region
粮食作物 Food crop	玉米 <i>Zea mays</i> L.	15	577~1700	1038	宝鸡 1 份、咸阳 2 份、渭南 2 份、铜川 1 份、延安 3 份、汉中 3 份、安康 1 份、商洛 2 份	陕西大部分地区
	大豆 <i>Glycine max</i> (L.) Merr.	11	333~1170	880	宝鸡 1 份、渭南 2 份、延安 3 份、榆林 3 份、汉中 1 份、商洛 1 份	陕北、关中地区
	谷子 <i>Setaria.italica</i> (L.) Beauv.	11	439~1544	1015	渭南 2 份、延安 2 份、榆林 5 份、安康 2 份	陕北地区
	水稻 <i>Oryza sativa</i> L.	11	470~1098	629	汉中 8 份、安康 1 份、商洛 1 份、咸阳 1 份	陕南地区
	菜豆 <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	9	600~1732	1004	宝鸡 1 份、咸阳 1 份、延安 1 份、汉中 5 份、商洛 1 份	陕南地区
	马铃薯 <i>Solanum tuberosum</i> L.	8	585~1100	884	延安 1 份、汉中 2 份、安康 3 份、商洛 2 份	陕南地区
	其他粮食作物 Other food crops	24				
经济作物 Economic crop	烟草 <i>Nicotiana tabacum</i> L.	4	385~1556	845	咸阳 2 份、延安 2 份	关中、陕北地区
	油菜 <i>Brassica napus</i> L.	4	588~1421	1008	宝鸡 2 份、渭南 2 份	关中地区
	大麻 <i>Cannabis sativa</i> L.	4	853~1260	1028	延安 1 份、榆林 2 份、汉中 1 份	陕北地区
	花椒 <i>Zanthoxylum bungeanum</i> Maxim.	4	887~1246	989	宝鸡 1 份、延安 1 份、榆林 2 份	陕北地区
	其他经济作物 Other economic crops	12				
果树 Fruit crop	柿 <i>Diospyros kaki</i> Thunb.	16	370~1100	822	西安 3 份、铜川 1 份、宝鸡 4 份、咸阳 4 份、渭南 1 份、延安 2 份、汉中 1 份	关中地区
	核桃 <i>Juglans regia</i> L.	12	689~1643	1176	西安 1 份、宝鸡 2 份、咸阳 2 份、渭南 1 份、延安 5 份、榆林 1 份	关中、陕北地区
	猕猴桃 <i>Actinidia Chinensis</i> Planch.	11	658~1420	1083	西安 2 份、宝鸡 1 份、渭南 1 份、延安 1 份、汉中 2 份、安康 4 份	关中、陕南地区
	梨 <i>Pyrus spp</i>	8	552~1083	821	铜川 1 份、宝鸡 1 份、咸阳 3 份、渭南 1 份、延安 1 份、汉中 1 份	关中地区
	杏 <i>Prunus armeniaca</i> L.	8	302~828	593	西安 3 份、铜川 1 份、咸阳 1 份、渭南 2 份、安康 1 份	关中地区
	苹果属 <i>Malus</i> Mill.	8	345~1785	1078	渭南 4 份、延安 1 份、榆林 3 份	关中、陕北地区
	桃 <i>Amygdalus persica</i> L.	7	433~1042	798	西安 1 份、铜川 1 份、宝鸡 1 份、咸阳 1 份、延安 1 份、榆林 1 份、汉中 1 份	关中地区
	枣 <i>Ziziphus jujuba</i> Mill.	7	376~880	705	西安 1 份、铜川 1 份、咸阳 2 份、延安 1 份、榆林市 2 份	关中、陕北地区
	其他果树 Other fruit crops	20				

表2(续)

作物类型 Crop type	种 Species	份数 Accessions	海拔(m) Altitude	平均海拔(m) Average altitude	分布情况 Distribution	主要分布区 Main distribution region
蔬菜 Vegetable crop	甜瓜 <i>Cucumis melo</i> L.	11	401~1410	788	宝鸡2份、渭南4份、延安1份、榆林3份、安康1份	关中、陕北地区
	葱 <i>Allium fistulosum</i> L.	9	317~2410	1173	宝鸡1份、咸阳1份、渭南1份、延安1份、榆林4份、汉中1份	关中、陕北地区
	蒜 <i>Allium sativum</i> L.	9	354~1447	868	宝鸡2份、咸阳3份、铜川1份、榆林2份、汉中1份	关中地区
	胡萝卜 <i>Daucus carota</i> var. <i>sativa</i> Hoffm.	8	338~963	636	西安1份、宝鸡5份、渭南1份、安康1份	关中地区
	其他蔬菜 Other vegetables crops	61				
牧草绿肥 Green manure and forage crop	苜蓿 <i>Medicago sativa</i> L.	1	569		商洛1份	陕南地区

2.2 资源留存原因及相关性状分析

2.2.1 资源留存原因分析 对筛选出的313份优异种质资源的农民留存原因进行归类分析,发现主要集中在优质、外观好、适应性强、经济效益好、营养健康、日常生活需要、种植年代久远、稀有性以及整体表现较好等9个方面(表3)。因单个原因被留存的资源有188份,占资源总数的60.06%,其中优质、适应性强、经济效益好、外观好、营养健康、种植年代久远、日常生活需要、稀有性以及整体表现较好的资源数分别为69份、21份、16份、14份、10份、6份、6份、6份、40份,分别占单原因留存资源数的36.70%、11.17%、8.51%、7.45%、5.32%、3.19%、3.19%、3.19%、21.28%。因多个原因留存的资源有125份,占资源总数的39.94%,其中具有优质(包含优质的所有留存原因类型,下同)、外观好、适应性强、种植年代久远、营养健康、经济效益好、日常生活需要、整体表现较好特点的资源数分别为94份、55份、46份、36份、14份、9份、6份、12份,分别占多原因数的75.20%、44.00%、36.80%、28.80%、11.20%、7.20%、4.80%、9.60%。多原因中优质外观好(包含优质外观好的所有留存原因类型,下同)、优质适应性强资源数较多,分别为44份、32份,同时具有优质、外观好、适应性强资源有6份,分别为清涧县长木枣、甘泉县红

小豆、合阳县九眼莲、耀州区耀州白蒜、富平县老酸石榴、澄县白茄子,其中前3个为国家地理标志保护产品或地理标志证明商标,均是地方名优特产,耀州区耀州白蒜有500年种植历史,20世纪70年代为耀州出口创汇主要农产品,而富平县老酸石榴和澄县白茄子的果实外观极佳。综合考虑单原因和多原因,留存原因依次为优质、外观好、适应性强、种植年代久远、经济效益好、营养健康、日常生活需要、稀有性以及整体表现较好,分别有163份、69份、67份、42份、25份、24份、12份、6份、52份,分别占资源总数的52.08%、22.04%、21.41%、13.42%、7.99%、7.67%、3.83%、1.92%、16.61%。综上,优质是农民选择驯化的主方向,其次是外观和适应性因素;因优质、外观好、适应性强3个因素留存的资源数量最多,且三者关系也最为密切,说明在农民选择驯化过程中,三者互为优先选择因素。王述民等^[8]对中国粮食和农业植物遗传资源进行研究,认为地方品种被农民保留种植的主要原因是地方品种更能适应当地生态区,具有良好的抗逆性或抗病性,或品质较好,或有特殊的利用价值等。甘肃小麦地方品种和尚头因品质好、抗逆性强,适合做长寿面,深受当地人喜欢,仍是甘肃北部干旱地区主要品种。

表3 不同留存原因的资源数统计

Table 3 Statistics on the number of resources with different preserving reasons

留存原因类型 Preserving reason	资源数量 Accessions number	留存原因类型 Preserving reason	资源数量 Accessions number	留存原因类型 Preserving reason	资源数量 Accessions number
X1	69	X2X5	4	X1X6	1
X2	14	X2X6	1	X1X7	4
X3	21	X2X7	2	X7X8	1
X4	40	X3X4	1	X1X2X3	5
X5	6	X3X6	2	X1X2X5	9
X6	16	X3X7	4	X1X3X5	1
X7	10	X3X8	2	X2X3X8	1
X8	6	X1X4	5	X3X4X5	1
X9	6	X4X6	2	X3X5X6	1
X1X2	28	X4X8	2	X1X2X3X5	1
X1X3	25	X1X5	14	X1X2X5X6	1
X2X3	2	X5X6	1		
X2X4	1	X5X7	3		

X1、X2、X3、X4、X5、X6、X7、X8和X9分别代表优质、外观好、适应性强、整体表现较好、种植历史悠久、经济效益好、营养健康、日常生活需要和稀有性等评价因素

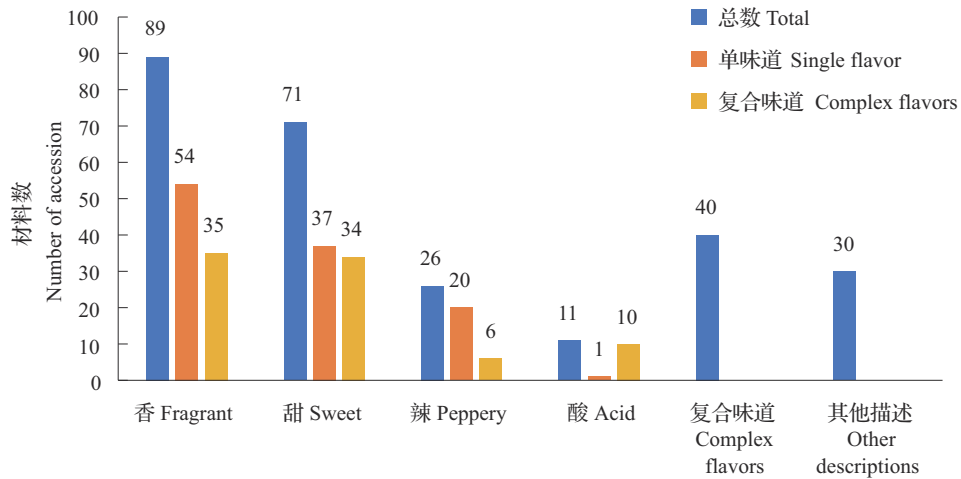
X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8 and X9 represent high quality, good appearance, strong adaptability, good comprehensive performance, long history, good economic returns, nutrition and health, daily life needs and rarity, respectively

2.2.2 优异性状分析 优异外部性状主要包含外观、质感以及颜色。313份资源中有163份资源进行了外观描述,占资源总数的52.08%,其中有颜色、外观、质感描述的资源数分别为87份、76份、70份。只含有一个外部性状描述的资源有103份;有多个外部性状描述的资源有60份,其中具有颜色和质感、颜色和外观、外观和质感描述的资源分别为30份、27份、26份。可以看出,外部性状是农民关注的重要内容,对颜色、外观和质感关注度相当,其中颜色相对重要。

优异口味性状主要包含口感、味道和其他描述,313份资源中有218份资源进行了口味性状描述,占资源总数的69.65%。具有口感描述的资源有111份,其中软口感74份、硬口感24份、软硬兼顾口感13份。具有味道描述的资源有152份,具有香、甜、辣(麻或辣)、酸味道的分别为89份、71份、26份、11份(图1);单一味道的资源有112份,占味道描述资源的73.68%,其中香54份、甜37份(含低糖2份)、辣20份、酸1份;复合味道有40份,占味道描述资源的26.32%,其中香甜24份、香辣6份、酸甜5份、香酸甜5份。其他描述的资源有30份,为口感和味道之外的农民口味描述,如适口性好、鲜美、爽

口等。可以看出,口味性状是农民更为关注的方面,口感偏重于软,味道偏向于香、甜,以单一味道为主。

优异抗性性状包含抗逆性和抗病性,抗性描述的资源有184份,占资源总数的58.79%(图2)。具有抗逆性描述的资源有163份,具有耐旱、耐贫瘠、耐寒、广适性、耐涝、耐热、耐盐碱、耐水肥、耐草荒、综合抗逆性描述的资源分别为97份、75份、50份、22份、12份、6份、6份、6份、1份、36份;具有单一抗逆性的资源有36份,占抗逆性资源的22.09%,具有多重抗逆性的资源有127份,占77.91%,其中耐旱耐贫瘠、耐旱耐寒、耐贫瘠耐寒的资源数较多,分别为43份、29份、23份,同时具有耐旱、耐贫瘠、耐寒性状的资源有14份。具有抗病性方面描述的资源有100份,有抗病描述的有97份,抗虫38份,其中只抗病的资源有62份,只抗虫的仅3份,而既抗病又抗虫的有35份。可以看出,抗逆性以耐旱为主,其次是耐贫瘠、耐寒,且耐旱、耐贫瘠、耐寒相关性较大;抗病性以抗病为主,抗逆性以多抗为主,说明抗逆性选择中,单一抗性难以满足生产需求,多重选择占主导地位。

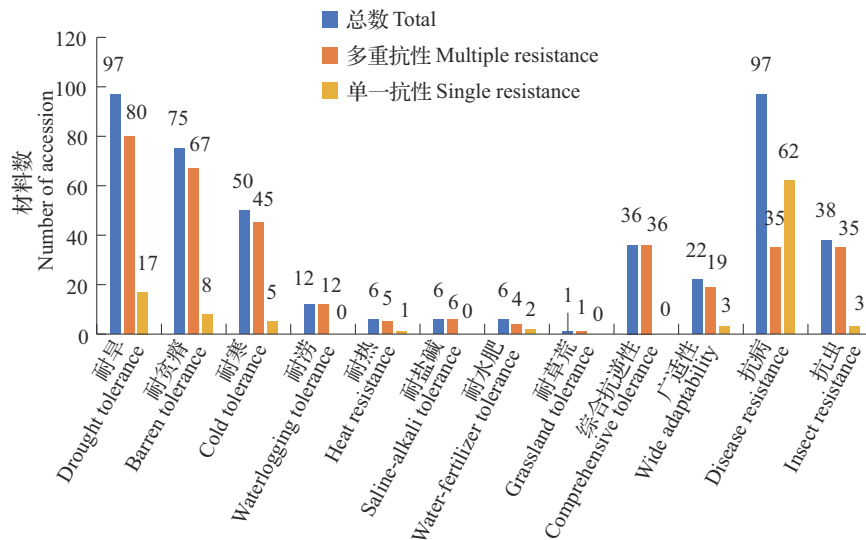


单个味道中的复合味道材料数指具有该味道的所有复合味道类型材料数

The number of complex flavors in single flavor includes the number of all complex flavors type with this flavor

图1 陕西优异资源味道类型分布

Fig. 1 Distribution of flavor type to excellent crop germplasm resources in Shaanxi province



多重抗性材料数包括具有该抗性的所有多抗性类型资源数

The number of multiple resistance includes the number of all multi-resistant types of resources with this resistance

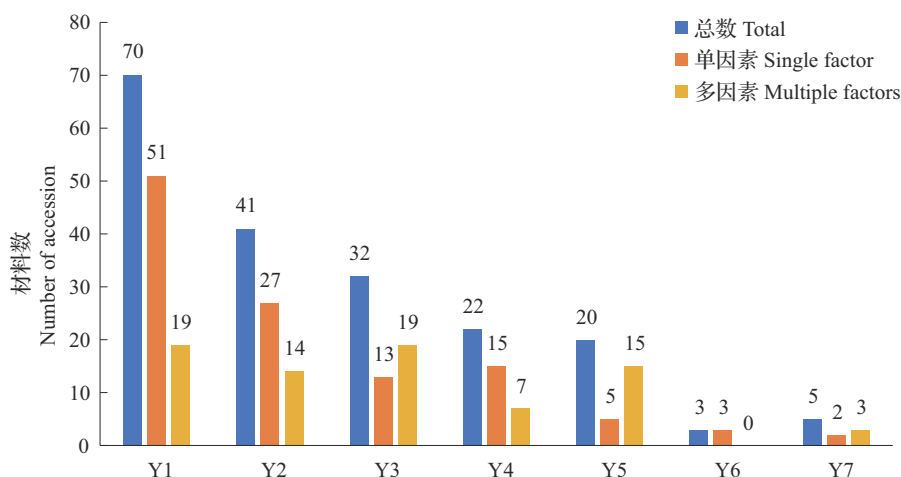
图2 陕西优异资源抗性类型分布

Fig. 2 Distribution of resistance type to excellent crop germplasm resources in Shaanxi province

高效性指能产生经济效益、生态效益、社会效益的资源特性。具有高效性描述的资源有156份,占资源总数的49.84%,包含高物质含量(富含某些物质)、高产、耐储运、节省劳力、熟期、区域性、其他效益等7个方面,具有这些特性的资源分别为70份、41份、32份、22份、20份、3份、5份(图3)。具有单一特性的资源占主导,有116份,占高效性描述资源的74.36%,其中高物质含量描述最多有51份,高产有27份,其他合计38份;具有多个特性描述的资源有40份,其中含有高物质含量、耐储运描述的资源数最多,均是19份。可以看出,

高效性是农民选择驯化资源的重要考量,更突出主导效益,其中高物质含量、高产、耐储运是优先考虑的因素。

具有特殊用途方面描述的资源有81份,占资源总数的25.88%,包括用于特色食品加工、工艺品或生活用品加工、饲用、季节补缺、多用途、其他(观赏、防风固沙、做砧木等)等6个方面,分别有47份、11份、6份、4份、4份、9份。具有单个用途的资源,共有77份。可以看出,特殊用途并非农民选择驯化资源的主要考量,选择驯化多倾向于特色食品加工、工艺品及生活用品加工。



Y1、Y2、Y3、Y4、Y5、Y6、Y7 分别代表高物质含量、高产、耐储运、省劳力、熟期、区域性、其他效益等；
优异特性多因素材料数是指在一个因素基础上还含有其他因素的资源总数

Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6 and Y7 represent high substance content, high yield, storage and transportation tolerance, labor-saving, maturity, regional and other high-efficiency characteristics of agriculture, respectively; Multiple factors material number refer to the total number of resources containing other factors in addition to one factor

图3 陕西优异资源高效性情况分布

Fig. 3 Distribution of high-efficiency characteristics to excellent crop germplasm resources in Shaanxi province

2.2.3 资源留存原因与优异性状相关性分析 资源留存原因反映了农民真实主观需求,这些需求体现在具体性状上,即优异资源具有的特征,因此资源留存原因与优异性状的关系,可反应农民选择驯化物种的策略或经验。对资源留存的主要原因与主要优异性状进行分析,发现留存的主要原因与主要优异性状基本对应。优质资源有 163 份,其中 156 份涉及口味,占比 95.70%,表明农民所述的优质主要指口味;同样外观好与外部性状描述相等,即外观就是外部性状;适应性强资源中抗性描述占比 97.01%,所以适应性强主要指抗性;整体表现较好方面,除特殊用途外,其他优异性状如抗

性、口味、高效性等数量相当;种植历史久远方面,口味性状、外部性状明显高于其他因素,说明这是资源长期保存的主要性状(表 4)。另外,主要需求及其对应的主要优异性状与次要需求及其次要优异性状往往相关性较大。优质是主要需求,优质资源中除口味性状外,具有外部性状、抗性性状描述的资源数较多,分别为 98 份、87 份,因此优质主因与口味性状紧密相关,其次与外部性状、抗性性状相关性较高;同样外观好留存原因与外部性状紧密相关,其次与口味相关性较高;适应性强留存原因与抗性性状紧密相关,其次与口味和高效性相关性较高。

表 4 陕西资源留存主因对应优异性状分析

Table 4 Analysis of excellent characteristics corresponding to the main preserving reasons in Shaanxi province

留存原因类型 Preserving reason	份数 Accessions	外部 Appearance	口味 Flavour	抗性 Resistance	高效性 High-efficiency	特殊用途 Use
优质 High quality	163	98	156	87	74	29
外观好 Good appearance	69	69	50	33	29	13
适应性强 Strong adaptability	67	27	43	65	43	15
整体表现较好 Good comprehensive performance	52	28	36	39	33	17
种植历史久远 Long history	42	27	31	18	18	4

份数指对应留存原因类型的资源总数量,后面列中的资源份数指在对应留存原因类型中具有相应优异性状的资源数量

The accessions refers to the total number of resources corresponding to the preserving reason, and the numbers in the following columns refer to the number of resources containing excellent characteristics in the corresponding preserving reason

选择方向可能在满足作物基本生存需求基础上,以解决突出问题为主要方向,即农民优先选择

强化主要性状而不是选择次要优异性状。不论是资源留存原因还是优异性状,总体上单因素较多因

素多,说明农民在选择驯化过程中同时解决多个问题、满足多种需求是比较困难的,优先使主要需求对应的优异性状定向选择和逐渐积累,并尽可能兼顾其他需求,如优先考虑优质、外观好及适应性强对应的优异性状。综上所述,农民主观需求与目标优异性状对应,在主要需求的主导下,一般优先积累主要性状,在此基础上积累次要需求及其对应的性状,使得主次需求及对应的性状产生了较高的相关性,最终形成陕西优异资源主要优异性状突出,并兼具其他重要性状的特征。

2.3 特色作物分析

玉米、水稻、谷子、大豆、柿、猕猴桃、甜瓜、葱及油菜是陕西省资源数量较多且具陕西特色的作物,这9种作物共99份。资源留存原因中,优质原因最多,有59份,占比59.60%,外观好、适应性强及其他原因分别为21份、15份、38份。优异性状中,口味性状、外部性状、抗逆性资源数较多,分别为66份、52份、53份(表5)。因此,这9种作物资源留存的最主要原因是优质,其次是外观好和适应性强;同时具有与主要留存原因密切相关的优异性状的资源数量也较高,说明这些性状在选择中优先得到积

累和强化。其中玉米、水稻、谷子、大豆4种粮食作物共48份,总体上以具有抗逆性描述的资源为主,抗性描述资源有31份,口味和外部性状次之,分别为27份、21份;以直接食用为主的水稻和谷子,具有口味性状描述的资源数量较多,分别有8份、7份,其中水稻口味性状更是主要性状,这与陕南汉中一直大力发展特色优质水稻的政策有关,其中洋县出台了一系列政策扩大黑米产业,据了解,2021-2024年洋县黑米种植面积从常年2000 hm²扩至3333.33 hm²;果树中柿、猕猴桃则偏重于外部与口味性状,具有外部性状描述的资源分别为14份、8份,口味性状分别为11份、8份。蔬菜中甜瓜口味是主要性状,具有口味性状描述的资源有11份,其中味道10份,均为香甜,口感10份,包括软口感3份,硬口感6份,软硬兼顾口感1份,说明陕西人喜欢吃脆甜瓜。葱的口味也是主要性状,具有口味性状描述的资源有8份,其中1份是香,其余7份是辣,说明陕西人喜欢较为辛辣的葱。经济作物油菜以抗逆性状为主,具有抗逆描述的资源有3份。分析结果与生产生活实际完全吻合,说明农民认知是农民主观真实需求的反映,是经过长期生产实践总结的朴素经验,具有较高的可靠性。

表5 陕西部分主要作物分析

Table 5 Comparison analysis of some Shaanxi major crops in study

作物种类 Crop type	数量 Number	留存原因 Preserving reason				外部性状 Appearance characteristics		口味性状 Flavor type				抗逆性状 Resistance type				
		优质 HQ	外观 好 GA	适应 性强 SA	其他 原因 OR	外部 性状 总数 ACS	颜色 CLR	口味 性状 总数 FTS	口感 总数 TS	软 口感 ST	味道 总数 FS	香或 甜 FOS	抗逆 性状 总数 RTSI	耐旱 DT	耐 贫瘠 BT	耐寒 CT
玉米 Corn	15	5	6	3	4	12	10	8	7	6	4	3	14	7	7	3
水稻 Rice	11	9	2	0	4	4	4	8	4	4	8	8	2	0	0	0
谷子 Millet	11	7	0	1	5	4	3	7	6	5	3	3	8	5	5	0
大豆 Soybean	11	5	1	4	7	1	1	4	3	1	2	2	7	4	4	1
柿 Persimmon	16	8	7	2	7	14	8	11	5	4	10	10	6	1	3	2
猕猴桃 Kiwifruit	11	5	3	0	7	8	6	8	4	1	8	7	2	1		2
甜瓜 Muskmelon	11	11	1	0	0	6	2	11	10	3	10	10	5	5	1	0
葱 Scallion	9	8	1	4	2	3	1	8	1	1	8	1	6	6	0	3
油菜 Rape	4	1	0	1	2	0	0	1	0	0	1	1	3	3	2	2
合计 Total	99	59	21	15	38	52	35	66	40	25	54	45	53	32	22	13

HQ: High quality; GA: Good appearance; SA: Strong adaptability; OR: Other reason; ACS: Appearance characteristics subtotal; CLR: Colour; FTS: Flavor type subtotal; TS: Texture subtotal; ST: Soft texture; FS: Flavor subtotal; FOS: Fragrant or sweet; RTS: Resistance type subtotal; DT: Drought tolerance; BT: Barren tolerance; CT: Cold tolerance

3 讨论

3.1 优异资源主要特点

本次调查筛选的陕西优异资源抗逆性以耐旱、耐贫瘠、耐寒为主,其次抗病虫以抗病为主。历史上,陕西省旱灾发生的频次、范围、危害程度,均超过其他气象灾害。袁林^[9]对从上古至民国时期陕西省旱灾史料研究发现,陕西省旱灾非常频繁,平均2.67年就有1年发生旱灾,10年中有2年半发生大旱,并且陕西省旱灾发生呈增长趋势。孔坚文等^[10]对1978-2011年陕西省主要气象灾害对粮食生产的影响进行排序,依次是干旱、风雹、洪涝、霜冻。驯化作物与自然条件相适应是原始农业时期的特点之一,黄土高原一带的气候,只有抗旱性强的作物如粟和黍才能适应良好^[11]。此次筛选出的很多优异资源是在偏远山村或农户房前屋后、坡地、荒地等较为贫瘠的土地上发现的,加之陕西省土壤有机质贫乏,农田生产力水平普遍低下^[12],使得耐贫瘠的资源更易留存。陕西省气象灾害中干旱和低温冷害频发,且土地较为贫瘠,其次病害发生远大于虫害,使得陕西省优异资源具备了耐旱、耐贫瘠、耐寒、抗病的优良特性,这些是自然选择的结果。

本次调查筛选的陕西优异资源主要特点是优质,其次是外观,就具体性状而言,陕西人更关注口味,喜欢香、甜味道,口感软的食品,外观上偏向于颜色。随着农业生产提升,人们从吃得饱到吃得好转变,吃得好成为提升生活品质的基本诉求,资源的优质特性得到选择和强化。黍稷是我国驯化最早的主要粮食作物,而后黍稷的地位被粟取代,主要原因是其产量较低、品质较差,随着生产技术的发展,逐渐被产量更高、品质更好的大豆、麦类及水稻等作物取代^[11]。He等^[13]利用3种不同方法的SNP数据筛选了与谷子驯化相关的全基因组选择特征,发现与抽穗期基因*Hdl*、产量基因*TGW6*、食用/烹饪品质基因*SBE2*等农艺性状同源的基因在驯化过程中也受到了选择,并利用46个产量相关性状和17个粮食品质性状的104万个单倍型组合估算了基因组估计育种值,结果表明,产量性状和品质性状的基因组估计育种值可分别提高50%和49%。味觉与嗅觉间存在相互作用,在某些食物中加入香气物质可以增强人体对食品的甜味感知^[14]。香草香气能够增加食品的甜味感知,而香草香气和甜味剂的组合使用可达到更强的增甜效果^[15]。Bertelsen等^[16]发现香气对甜度的影响取决于味道的浓度。

刘旭等^[17]研究表明中国传统人文环境中对食材糯性的偏爱,促进了古人对粮食作物糯性突变的发现和定向积累。高爱农等^[18]在贵州作物种质资源调查中发现苗族、侗族、水族、布依族、毛南族等少数民族都喜食糯性食品,因此他们多种植糯稻、糯玉米、糯小米等地方品种。郑殿升等^[19-20]在云南及周边地区作物种质资源调查中也有类似发现,还发现细芽谷是拉祜族地区种植的地方老品种,因其米质好、味香,专做米凉粉和米线筋骨而被保留。高爱农等^[21]在云南省元阳县哈尼族、彝族的341份农业生物资源调查中,发现了大量优质为突出特点的资源,如红脚老粳、月亮谷、九月糯、糯玉米等。

高效性及特殊用途反映了除品质和抗性以外农民的其他需求,高物质含量、高产、耐储运及加工特性被逐渐积累和加强,成为陕西省资源的特点。陕北红葱刀切葱白时会流出白色液体,味道辛辣、芳香浓郁,该资源耐储运,室温下妥善保存可放1个月,冬季妥善保存可放一个冬天,且不影响口味,因此在陕北广泛种植。洽川大丫葫芦个头大、密度和结实率高,适合葫芦加工,“洽川葫芦艺术灯”的四圈镂空技艺堪称业内一绝,葫芦系列产品销往海内外,年销售额500多万元。

陕西省资源特征的形成受自然和人工双重选择作用。一方面自然选择是基础,但人工选择作用愈发明显。为适应自然环境、满足自身生存的基本需求,收集的优异资源具备了耐旱、耐贫瘠、耐寒等的优良特性,同时调查发现优质、外观因素的重要性大于抗性,说明优异资源的优异性状更多的是满足人们需求而不是作物生存需要,因此人工选择的作用愈加明显。另一方面受自然环境影响,使人工选择结果丰富多彩。受生态环境影响,各地作物结构、饮食习惯、人文环境等产生差异^[17],导致各地的主要需求不同,在人工选择的主导作用下,各地资源差异化加大,最终形成了类型丰富、形态各异、具有陕西省特色的优异种质资源,如陕北和关中地区的枣和甜瓜,差异明显,具有鲜明地域特色。林霜霜等^[22]研究分析福建沿海和内陆不同地区不同海拔征收的农作物种质资源,发现种类和数量有明显差异。

3.2 资源保护策略

根据陕西省优异资源的分布特点制定保护策略,首先优异资源保护工作应以果树、蔬菜和粮食作物为主,与人民生活密切相关的大宗作物为主,优先保护数量较多的优势作物,也可结合资源

特色、育种优势及产业发展需要等因素综合考虑。其次根据作物的分布特点建立资源保护网络,应以省级资源库为中心,全省科学设置资源圃,可结合实际设立综合资源圃,保存种类较少、较为重要或具地方特色的资源。还需依据作物优势,发展地方特色文化及传统产业,在利用中加以保护,可通过政策扶持、技术指导、表彰奖励等方式,鼓励农民适度种植地方特色优异资源。适度种植地方品种,不但资源能得到有效保护,还能使资源在广大农民的选择下不断优化。王利等^[23]对云南水稻传统地方品种生产现状研究,认为传统地方品种保护与利用工作中,需引导农民参与,增加农民收入,使农民获益。

3.3 资源开发策略

3.3.1 服务于科研育种 一是科学引导育种方向。农民是种子的使用者,他们的需求即育种方向,建议将优质放在更加突出的位置,作为育种的长远方向,优质应更多偏向香、甜、软口味,同时注重外观和适应性选育。此外,陕西省具有有益物质含量高和耐储运的资源,可开发营养健康的特色食品,以及用于改善番茄、西甜瓜等作物不耐储运的缺点,巩固育种优势。二是制定有效育种策略。在农民选择驯化的实践中,逐渐形成了陕西省资源特色,建议育种策略制定应先确定育种主要需求,明确一个最重要需求,并寻找对应的主要优异性状优先强化,同时尽可能积累次要需求对应的优异性状,使得主次优异性状不断积累和加强。三是支持田间宣传展示和研究创新工作。基于农民认知,陕西省对筛选出的部分优异资源进行了田间展示,涉及12个地市,展示各类作物500余份,进一步明确其优异特征特性,为资源推广利用奠定良好基础。此外,还依托西北农林科技大学,陕西省对个别优异资源进行抢救性保护和深入研究,已在科研生产上应用,如吴堡青梨,通过不断优化品种、提升品质,2022年吴堡青梨作为乡村振兴致富特色产业亮相于CCTV-13;略阳瓢儿野生草莓,通过一系列试验研究工作,提升了草莓产量,解决了移栽后不开花或有花无果的难题,使人工栽培成为可能。

3.3.2 鼓励开发特色产业 陕西省地方特色资源丰富,本次普查中发现200多种特色迥异的地方品种,有的已成为村镇支柱产业,说明地方品种的独特品质目前难以被商业品种取代。建议围绕陕西“3+X”特色产业发展,优先开发资源丰富、地方特色浓郁、基础实力雄厚且具有深度开发潜力的苹果、

猕猴桃、花椒、核桃、西红柿、红枣、小杂粮、富硒茶等作物^[24]。董玉琛等^[25]对15种粮食作物近10万份种质资源品质性状进行鉴定,结果表明各种作物各个品质性状指标的变异范围都很大,利用现有种质资源选育优质品种,对发展名特优食品潜力很大。

3.3.3 完善资源管理体系 政府是资源管理的责任主体,占主导地位,应进一步完善省、市、县三级管理体系,确保资源保护利用各项措施落到实处。可以借鉴全国牧草种质资源保护体系管理机构^[26],建立合理的利益分享机制,促进“政、产、学、研”有效结合,同时参照国家农作物种质资源和国家水产资源平台建设^[27],建立陕西省农作物种质资源共享服务平台,开展实物、信息、技术共享,为资源研究、育种突破、市场需求等提供支持。

参考文献

- [1] 曹永胜,张贤珍,白建军,龚高法.中国主要农作物种质资源地理分布.地理学报,1997,52(1):10-17
Cao Y S, Zhang X Z, Bai J J, Gong G F. Distribution of the main crop germplasm resources in China. Acta Geographica Sinica, 1997, 52(1):10-17
- [2] 李振声,穆素梅,蒋立训,周汉平,吴景科,余玲.蓝粒单体小麦研究(一).遗传学报,1982,9(6):431-439
Li Z S, Mu S M, Jiang L X, Zhou H P, Wu J K, Yu L. A study on blue-grained monosomic wheat (I). Acta Genetica Sinica, 1982, 9(6):431-439
- [3] 李殿荣,田建华.秦油2号的育成及其在我国杂交油菜科研和生产中的地位和作用.中国油料作物学报,2015,37(6):902-906
Li D R, Tian J H. Role and function of cultivar Qinyou 2 in rapeseed hybrid breeding and production in China. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2015, 37(6):902-906
- [4] 中国农业农村部.农业部办公厅关于印发《第三次全国农作物种质资源普查与收集行动实施方案》的通知.(2015-07-09) [2017-12-02]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2015/ba/201712/t20171219_6103757.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Implementation plan for the third national general survey and collection of crop germplasm resources. (2015-07-09) [2017-12-02]. http://www.moa.gov.cn/nybg/2015/ba/201712/t20171219_6103757.htm
- [5] 王亚娟,张正茂,王长有,陈春环,张宏,刘新伦,杨勇,梁燕,吉万全.陕西省旱区抗逆农作物地方种质资源调查与分析.植物遗传资源学报,2016,17(5):951-956
Wang Y J, Zhang Z M, Wang C Y, Chen C H, Zhang H, Liu X L, Yang Y, Liang Y, Ji W Q. Investigating and analyzing adversity-resistant landrace in dryland region of Shaanxi. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(5):951-956
- [6] 高飞,张宗荣,赵继新,郑炜君,李向宏,赵兴忠,贾振江,马永

- 强. 陕西南部及关中宝鸡渭南地区农作物种质资源调查与分析. *陕西农业科学*, 2022, 68 (7): 83-91
- Gao F, Zhang Z R, Zhao J X, Zheng W J, Li X H, Zhao X Z, Jia Z J, Ma Y Q. Investigating and analyzing of germplasm resources in some parts of Shaanxi province. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2022, 68 (7): 83-91
- [7] 刘五志, 高飞. 陕西省农作物种质资源上册. 西安: 陕西科学技术出版社, 2020
- Liu W Z, Gao F. Shaanxi province crop germplasm resources: Volume 1. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 2020
- [8] 王述民, 李立会, 黎裕, 卢新雄, 杨庆文, 曹永生, 张宗文, 高卫东, 邱丽娟, 万建民, 刘旭. 中国粮食和农业植物遗传资源状况报告(I). *植物遗传资源学报*, 2011, 12 (1): 1-12
- Wang S M, Li L H, Li Y, Lu X X, Yang Q W, Cao Y S, Zhang Z W, Gao W D, Qiu L J, Wan J M, Liu X. Status of plant genetic resources for food and agricultural in China (I). *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011, 12 (1): 1-12
- [9] 袁林. 陕西历史旱灾发生规律研究. *灾害学*, 1993, 8 (4): 26-31
- Yuan L. On the regular patterns of the historical droughts in Shaanxi province. *Journal of Catastrophology*, 1993, 8 (4): 26-31
- [10] 孔坚文, 王连喜, 李琪, 边超钧, 江涤非. 陕西省主要农业气象灾害分析及其对粮食产量的影响. *干旱地区农业研究*, 2015, 33 (4): 220-226
- Kong J W, Wang L X, Li Q, Bian C J, Jiang D F. Analyses of main agro-meteorological disasters and their impacts on food production in Shaanxi province. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2015, 33 (4): 220-226
- [11] 刘旭. 中国作物栽培历史的阶段划分和传统农业形成与发展. *中国农史*, 2012 (2): 3-16
- Liu X. Stage division of Chinese crop cultivation history and formation of traditional agriculture. *Agricultural History of China*, 2012 (2): 3-16
- [12] 姚撑民, 周敏, 董柏林. 陕西农业土壤环境质量状况调查与评价. *农业环境保护*, 1994, 13 (4): 273-176
- Yao C M, Zhou M, Dong B L. Investigation and evaluation of agricultural soil environmental quality in Shaanxi province. *Agro-environmental Protection*, 1994, 13 (4): 273-176
- [13] He Q, Tang S, Zhi H, Chen J F, Zhang J, Liang H K, Ornob A, Li H B, Zhang H, Xing L H, Li X K, Zhang W, Wang H L, Shi J P, Du H L, Wu H P, Wang L W, Yang P, Xing L, Yan H S, Song Z Q, Liu J R, Wang H G, Tian X, Qiao Z J, Feng G J, Guo R F, Zhu W J, Ren Y M, Hao H B, Li M Z, Zhang A Y, Guo E H, Yan F, Li Q Q, Liu Y L, Tian B H, Zhao X Q, Jia R L, Feng B L, Zhang J W, Wei J H, Lai J S, Jia G Q, Michael P, Diao X M. A graph-based genome and pan-genome variation of the model plant *Setaria*. *Nature Genetics*, 2023, 55: 1232-1242
- [14] 肖作兵, 胡雨梦, 牛云蔚, 朱建才, 张凤梅, 张静. 香气增甜的作用机制及评价方法研究进展. *食品科学技术学报*, 2022, 40 (6): 1-12
- Xiao Z B, Hu Y M, Niu Y W, Zhu J C, Zhang F M, Zhang J. Research progress on mechanism and evaluation methods of aroma sweetening. *Journal of Food Science and Technology*, 2022, 40 (6): 1-12
- [15] Velázquez A L, Vidal L, Varela P, Ares G. Cross-modal interactions as a strategy for sugar reduction in products targeted at children: Case study with vanilla milk desserts. *Food Research International*, 2020, 130: 108920
- [16] Bertelsen A S, Mielby L A, Alexi N, Byrne D V, Kidmose U. Individual differences in sweetness ratings and cross-modal aroma-taste interactions. *Foods*, 2020, 9 (2): 146
- [17] 刘旭, 李立会, 黎裕, 谭光万, 周美亮. 作物及其种质资源与人文环境的协同演变学说. *植物遗传资源学报*, 2022, 23 (1): 1-11
- Liu X, Li L H, Li Y, Tan G W, Zhou M L. Synergistic evolution theory of crop germplasm resources and cultural environments. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2022, 23 (1): 1-11
- [18] 高爱农, 郑殿升, 李立会, 刘旭. 贵州少数民族对作物种质资源的利用和保护. *植物遗传资源学报*, 2015, 16 (3): 549-554
- Gao A N, Li D S, Li L H, Liu X. Utilization and conservation on crop germplasm resource of minority nationality in Guizhou province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16 (3): 549-554
- [19] 郑殿升, 游承俐, 高爱农, 李立会, 刘旭. 云南及周边地区少数民族对农业生物资源的保护与利用. *植物遗传资源学报*, 2012, 13 (5): 699-703
- Zheng D S, You C L, Gao A N, Li L H, Liu X. Conservation and utilization on biological resources of agriculture of minority nationality in Yunnan province and its peripheral area. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2012, 13 (5): 699-703
- [20] 郑殿升, 高爱农, 李立会, 刘旭. 云南及周边地区稀有农业生物种质资源. *植物遗传资源学报*, 2013, 14 (1): 8-17
- Zheng D S, Gao A N, Li L H, Liu X. Rare germplasm resources of biology of agriculture in Yunnan province and its peripheral area. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14 (1): 8-17
- [21] 高爱农, 王丽萍, 李坤明, 彭朝忠, 袁福锦, 李卫芬, 郑殿升, 李立会, 刘旭. 云南省元阳县哈尼族彝族农业生物资源调查. *植物遗传资源学报*, 2015, 16 (2): 211-221
- Gao A N, Wang L P, Li K M, Peng C Z, Yuan F J, Li W F, Zheng D S, Li L H, Liu X. Investigation of agricultural biological resources of Hani and Yi People in Yuanyang county Yunnan province. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2015, 16 (2): 211-221
- [22] 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
- Lin S S, Lu P L, Yu W Q, Zhang H F, Zhao J L, Chen S L, Weng P M, Che J M, Ge C B. Survey, collection and diversity analysis of crop germplasm resources in Fujian province, China. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2024, 25 (3): 340-355

- [23] 王利,黄洁,薛仁凤.云南省元江县水稻传统地方品种的保护与可持续利用.农学学报,2019,9(11):1-5
Wang L, Huang J, Xue R F. Traditional rice varieties in Yuanjiang county of Yunnan: Conservation and sustainable utilization. Journal of Agriculture, 2019, 9 (11):1-5
- [24] 高飞,严勇敢,吉万全,刘五志,翟军海,李凤艳,高源.陕西农作物种质资源搜集保护与创新利用研究进展.植物遗传资源学报,2021,22(5):1175-1183
Gao F, Yan Y G, Ji W Q, Liu W Z, Zhai J H, Li F Y, Gao Y. Research progress on the collection, protection, innovation and application of germplasm resources in Shaanxi. Journal of Plant Genetic Resources, 2021, 22 (5):1175-1183
- [25] 董玉琛,曹永生.粮食作物种质资源的品质特性及其利用.中国农业科学,2003,36(1):111-114
Dong Y C, Cao Y S. Quality characteristics of germplasm resources of food crops and their utilization. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36 (1):111-114
- [26] 李晓芳.全国牧草种质资源保护与利用构想.中国草地,2000(5):74-75
Li X F. Suggestion of the development and protection of forage germplasm resources in China. Grassland of China, 2000 (5):74-75
- [27] 李梦龙,郑先虎,吴彪,方辉,刘永新.我国水产种质资源收集、保存和共享的发展现状与展望.水产学杂志,2019,32(4):78-82
Li M L, Zheng X H, Wu B, Fang H, Liu Y X. Advances and prospects in research on collection, preservation and sharing of aquaculture germplasm resources in China. Chinese Journal of Fisheries, 2019, 32 (4):78-82