



## 优秀青年学者论坛



肖满秋(1985-), 博士, 主要从事甘薯种质资源鉴定评价及遗传育种研究工作。先后主持或作为主要成员参与国家自然科学基金项目、国家现代农业产业技术体系建设专项、江西省农作物良种联合攻关项目、中央引导地方科技发展专项等科研项目10余项。获全国农牧渔业丰收奖二等奖1项、江西省农牧渔业技术改进奖一等奖1项; 主持育成甘薯新品种赣薯5号, 参与育成甘薯新品种4个, 均获农业农村部非主要农作物品种登记; 获授权国家发明专利2项、国外专利1项和实用新型专利3项; 参与制定江西省地方标准1项; 在《*Ecotoxicology and Environmental Safety*》《*Journal of Soils and Sediments*》《*Frontiers in Plant Science*》《南方农业学报》《园艺学报》《植物遗传资源学报》等国内外期刊上发表论文20余篇。

# 江西甘薯地方种质资源表型性状的遗传多样性分析

肖满秋, 兰孟焦, 吴问胜\*, 潘 皓, 张 洋, 侯隆英

(江西省农业科学院作物研究所, 江西南昌 330200)

**摘要:**【目的】分析江西甘薯地方种质资源表型性状的遗传多样性, 为甘薯种质资源创新利用和遗传改良提供参考。【方法】以第三次全国农作物种质资源普查与收集行动收集的111份江西甘薯地方种质资源为供试材料, 2019—2020年连续2年在南昌对其22个表型性状(14个质量性状和8个数量性状)进行调查分析, 采用遗传变异分析、相关分析、Ward法聚类分析及综合评价法研究江西甘薯地方种质资源的遗传多样性。【结果】111份甘薯地方种质资源的顶芽色主要为浅绿色和绿色, 顶叶和叶片形状均主要为缺刻型, 顶叶色主要为绿色, 叶色主要为绿色, 叶主脉色、脉基色、叶柄主色、柄基色和茎主色均以绿色为主, 株型主要为半直立, 薯形主要为纺锤形和不规则形, 薯皮主色以粉红色为主, 薯肉主色为桔红、淡黄、黄和白色。14个质量性状的Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )为0.31~2.01, 平均为1.20, 其中以薯形、薯皮主色和薯肉主色的 $H'$ 较大, 均大于1.50, 叶色的 $H'$ 最小; 8个数量性状的变异系数为12.15%~60.56%, 以中薯率和单株结薯数的变异系数较大, 均大于50.00%, 茎直径的变异系数最小; 8个数量性状的 $H'$ 为1.38~1.50, 平均为1.43, 以大薯率的 $H'$ 最大, 节间长的 $H'$ 最小。主蔓长与节间长极显著正相关( $P<0.01$ , 下同), 与茎直径和基部分枝数显著正相关( $P<0.05$ ); 大薯率与基部分枝数极显著正相关, 与节间长、单株结薯数和中薯率均呈极显著负相关。供试的111份甘薯地方种质资源可分为性状差异较大的四大类群, 并从中筛选出3份综合性状优良的种质及1份高干物率种质, 分别为北关白心薯、石园红薯、周畲黄心薯和修水大白薯。【结论】江西甘薯地方种质资源主要表型性状的变异较大, 遗传多样性较丰富, 尤其是薯块性状具有很大的遗传改良空间。甘薯地方种质资源间亲缘关系与地理来源无明显相关性。

**关键词:**甘薯; 地方种质资源; 表型性状; 遗传多样性; 江西

中图分类号: S531.024

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2023)07-1903-11

收稿日期: 2023-03-03

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-10-C8); 江西省农作物良种联合攻关项目(9021109126); 江西现代农业科研协同创新专项(JXXTCX202205)

通讯作者: 吴问胜(1973-), <https://orcid.org/0009-0005-2460-2086>, 研究员, 主要从事甘薯遗传育种及种质资源鉴定研究工作, E-mail: lanmj100@163.com

第一作者: 肖满秋(1985-), <https://orcid.org/0009-0009-4904-186X>, 博士, 主要从事甘薯种质资源鉴定评价及遗传育种研究工作, E-mail: xiaoxmq@163.com

# Genetic diversity analysis of phenotypic traits of sweetpotato landraces germplasm resources in Jiangxi

XIAO Man-qiu, LAN Meng-jiao, WU Wen-sheng\*, PAN Hao, ZHANG Yang, HOU Long-ying

(Institute of Crops, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang, Jiangxi 330200, China)

**Abstract:** [Objective] This study analyzed genetic diversity of phenotypic traits of sweetpotato landraces germplasm resources in Jiangxi, so as to provide reference for the innovative utilization and genetic improvement of sweetpotato germplasm resources. [Method] With the support of the Third National Campaign of Crop Germplasm Census and Collection, 111 samples of sweetpotato landraces germplasm resources collected in Jiangxi were used as materials and their 22 phenotypic traits (14 quality traits and 8 quantitative traits) were determined for 2 consecutive years from 2019 to 2020 in Nanchang. The genetic variation analysis, correlation analysis, Ward method cluster analysis and comprehensive evaluation were conducted to evaluate genetic diversity of these sweetpotato germplasm resources in Jiangxi. [Result] For most of the 111 sweetpotato landraces germplasm resources, the color of top bud were light green or green, the top leaf and complete leaf were of incised shape. The colors of top leaf and leaves were mostly green, the main leaf vein color, basic leaf vein color, petiole predominant color, basic petiole color and stem predominant color were mostly green. The plant type were mainly semi-erect. The storage root shape were elliptic or anomaly, the skin color of storage root was mostly pink, and the predominant flesh color were orange, light yellow, yellow or white. The Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ) of 14 quality traits ranged from 0.31 to 2.01, with an average of 1.20. The  $H'$  of storage root shape, predominant skin color and predominant flesh color were relatively high, higher than 1.50. And the  $H'$  of leaf color was the lowest. The coefficients of variation (CV) of 8 quantitative traits ranged from 12.15% to 60.56%. The CV of percentage of moderate root and root number per plant were relatively high, higher than 50.00%. The CV of diameter of stem was the lowest. Meanwhile, the  $H'$  of 8 quantitative traits ranged from 1.38 to 1.50, with an average of 1.43. The  $H'$  of percentage of big root was the largest and the  $H'$  of length between nodes was the least. Length of main vine was extremely significantly positively correlated with length between nodes ( $P<0.01$ , the same below), and diameter of stem was significantly positively correlated with number of base branches ( $P<0.05$ ). Furthermore, percentage of big root was extremely significantly positively correlated with number of base branches, but extremely significantly negatively correlated with length between nodes, root number per plant and percentage of moderate root. Tested 111 sweetpotato landraces germplasm resources were divided into 4 groups which varied widely in traits under investigation. Three germplasms with elite comprehensive traits and one germplasm with high dry matter content were identified, which were Beiguan white-flesh sweetpotato, Shiyuan sweetpotato, Zhoushu yellow-flesh sweetpotato and Xiushui big white-flesh sweetpotato. [Conclusion] The majority of phenotypic traits of sweetpotato andraces germplasm resources in Jiangxi have obvious variation and rich genetic diversity, especially the traits of storage root have great potential for genetic improvement. The genetic relationship among landraces germplasm resources of sweetpotato is uncorrelated with the geographical origin.

**Key words:** sweetpotato; landraces germplasm resource; phenotypic traits; genetic diversity; Jiangxi

**Foundation items:** National Modern Agricultural Industry Technology System (CARS-10-C8); Jiangxi Joint Research Project on Crop Cultivar Breeding (9021109126); Jiangxi Modern Agricultural Scientific Research Collaborative Innovation Project (JXXTCX202205)

## 0 引言

【研究意义】甘薯(*Ipomoea batatas*)隶属旋花科甘薯属,起源于中南美洲,是集粮食、饲料、经济、能源及保健作用于一体的多功能作物(Escobar-Puentes et al., 2022)。我国是全球最大的甘薯生产国,产量约占全球产量的56.6%。甘薯通常通过块根或藤蔓进行无性繁殖,遗传背景狭窄是其种质创制和新品种选育面临的瓶颈(李强等, 2009)。甘薯在江西省已有近300年的栽培历史,目前年种植面积在13.3万ha左右,全省各地均有种植,蕴含了丰富的地方种质资源(吴问胜等, 2001)。种质资源是作物遗传改良和

育种的物质基础,故合理利用地方种质资源是拓宽甘薯育成品种遗传背景的重要途径,而遗传多样性分析是鉴定评价种质资源利用价值的重要途径(姚祝芳等, 2022)。因此,开展江西甘薯地方种质资源遗传多样性分析,有利于发掘具有优良目标性状的种质资源,对有效利用甘薯地方种质资源及丰富甘薯育种材料具有重要意义。【前人研究进展】自我国20世纪90年代建立广州和徐州国家甘薯种质资源圃(库)以来,相继对甘薯种质资源进行较系统地鉴定和评价(房伯平等, 2004),其遗传多样性分析的相关报道也较多。通过种质资源的表型性状分析其遗传多样性具有直观简易的优点,被广泛应用于作物种

质资源鉴定和评价(都真真等,2019;赵孟良等,2020;关峰等,2021)。许泳清等(2012)通过田间种植结合室内检测分析对21份甘薯种质资源进行鉴定,筛选出5份高干物率、高淀粉材料。赵冬兰等(2015)利用形态标记将来自我国17个省(区)的176份甘薯地方种质划分为五大类群,结果发现了2对同物异名的种质,并筛选出高干物率、高淀粉种质11份。宋吉轩等(2017)利用12个形态标记将23份贵州紫心甘薯种质资源划分为3个性状差异较大的类群。黄咏梅等(2021)对广西地方甘薯种质的表型性状进行鉴定评价,筛选出槟榔薯、姑娘薯和外婆藤等优异甘薯种质。沈升法等(2021)通过测定干物率、胡萝卜素含量、可溶性糖含量及食味等性状,利用主成分和系统聚类分析将浙江省62份甘薯地方种质分为淀粉型、粮饲兼用型、优质食用型和油炸薯片型四大类,并筛选出高干物率品种24个,高胡萝卜素品种5个。姚祝芳等(2021)通过对201份广东地方甘薯品种资源的21个表型性状进行调查分析,共获得高产种质76份,高干物率种质29份,并筛选出5份高产、优质和食味优的综合表型性状优异资源。目前,国际前沿研究已将全基因组重测序技术应用于大规模种质资源鉴定分析,结合重要农艺性状调查,明确参试资源的遗传多样性和群体结构特点,并进一步通过全基因组关联分析挖掘与重要农艺性状紧密关联的分子标记,用于鉴定相关候选基因(Anglin et al., 2021; Slonecki et al., 2022; Xiao et al., 2023),但此类研究需要较多的经费支持,所需人力和物力也较多。【本研究切入点】江西具有丰富的甘薯地方种质资源,但目前仅兰孟焦等(2021)对28份江西地方甘薯品种资源的9个主要农艺性状进行评价,尚缺乏对江西甘薯地方种质资源较系统全面地鉴定评价研究。【拟解决的关键问题】以第三次全国农作物种质资源普查与收集行动收集的111份江西地方甘薯种质资源为供试材料,2019—2020年连续2年在南昌对其22个表型性状(14个质量性状和8个数量性状)进行调查分析,采用遗传变异分析、相关分析、Ward法聚类分析及综合评价法研究111份甘薯地方种质资源的遗传多样性,并分析种质资源的类型及特性,为江西甘薯种质资源的有效利用和遗传改良提供理论参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以2017—2019年第三次全国农作物种质资源

普查与收集行动收集于江西省46个县(市、区)的111份甘薯地方种质资源为材料,具体来源信息见表1。

### 1.2 试验设计

试验分别于2019年和2020年在江西省农业科学院作物研究所南昌横岗试验基地开展。前茬作物均为油菜,栽植前旋耕起垄,每年6月初采茎顶端栽插,10月下旬收获。试验采用顺序区组设计,设2次重复,每重复各种质种植10株,垄距0.9 m,垄高0.5 m,株距0.2 m。两年田间管理措施与常规栽培一致。

### 1.3 试验方法

试验期间,按照《甘薯种质资源描述规范和数据标准》(张允刚和房伯平,2005)进行表型性状鉴定,茎顶端栽插后40~50 d记录甘薯种质资源的顶芽色、顶叶形状、顶叶色、叶片形状、叶色、叶主脉色、脉基色、叶柄主色、柄基色、茎主色和株型,测量茎直径、节间长、基部分枝数和主蔓长;收获期调查薯形、薯皮主色、薯肉主色,单株结薯数、大薯率、中薯率和干物率。利用游标卡尺、卷尺和电子秤测定数量性状。干物率测定按照NY/T 1320—2007《农作物种质资源鉴定技术规程 甘薯》进行。所有种质资源的数量性状数据均为2年的平均值。

### 1.4 统计分析

利用Excel 2016对111份甘薯地方种质资源的表型性状数据进行整理分析。数量性状数据根据 $(X-1.2818S)$ 、 $(X-0.5426S)$ 、 $(X+0.5426S)$ 和 $(X+1.2818S)$ 4分点原则( $X$ 表示平均值, $S$ 表示标准差)和赵孟良等(2020)的分级标准进行分级归纳。质量性状按照《甘薯种质资源描述规范和数据标准》(张允刚和房伯平,2005)进行赋值。所有性状的Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )通过公式 $H' = -\sum P_i \times \ln P_i$ 进行计算,式中 $P_i$ 为某性状第 $i$ 级表型出现的频率(Keylock, 2005)。利用SPSS 18.0对各性状的平均值( $X$ )、标准差( $S$ )、最大值、最小值和变异系数进行统计归纳、相关分析和聚类分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 甘薯地方种质资源的表型性状分析结果

由表2可知,111份甘薯地方种质资源的顶芽色主要为浅绿色和绿色,分布频率分别为40.54%和35.14%;顶叶形状和叶片形状均主要为缺刻,分布频率分别为56.76%和52.25%,其次为三角形,分布频率分别为17.12%和25.23%;顶叶色主要为绿色,分布频率为39.64%,其次为浅绿色,分布频率为27.03%;92.79%的资源叶色为绿色;叶主脉色、脉基

表 1 供试的111份江西甘薯地方种质资源编号及来源

Table 1 Number and origin of 111 Jiangxi sweetpotato landraces germplasm resources used in this study

测试号 Test number	采集编号 Collection number	收集地 Location site	测试号 Test number	采集编号 Collection number	收集地 Location site
S1	P361130107	上饶市婺源县珍珠山乡黄砂村	S57	2017361341	九江市修水县布甲乡太阳村
S2	P360502027	新余市渝水区人和乡石园村	S58	2018363210	赣州市寻乌县丹溪乡彭溪村
S3	P360922061	宜春市万载县马步乡洞口村	S59	2018363209	赣州市寻乌县丹溪乡彭溪村
S4	P360424023	九江市修水县山口镇辛岭村	S60	2018363608	上饶市万年县陈营镇县农科所
S5	P360982016	宜春市樟树市鹿江街道西堡村	S61	2018363615	上饶市万年县陈营镇县农科所
S6	2017363098	九江市瑞昌市横立山乡全胜村	S62	2018361216	赣州市定南县鹅公镇白沙村
S7	P360424031	九江市修水县山口镇欣岭村	S63	2018362333	抚州市黎川县洵口镇洵口村
S8	P360423048	九江市武宁县鲁溪镇双新村	S64	2018362382	抚州市黎川县洵口镇下寨村
S9	P360281024	景德镇市乐平市众埠镇黄铁炉村	S65	2018362346	抚州市黎川县潭溪乡芦��村
S10	P361102010	上饶市信州区秦峰镇五石村	S66	2018361254	赣州市定南县岭北镇蔡阳村
S11	2017363181	萍乡市莲花县荷塘乡白竺村	S67	P360902007	宜春市袁州区洪塘镇田湾村
S12	2017361134	赣州市大余县樟斗镇蕉坑村	S68	P360922062	宜春市万载县马步乡洞口村
S13	P360423049	九江市武宁县鲁溪镇双新村	S69	2018363723	上饶市万年县裴梅镇聂家村
S14	2018361601	赣州市定南县鹅公镇莲塘村	S70	2018362561	抚州市黎川县中田乡中田村
S15	2017362018	九江市都昌县大树乡大树村	S71	2018362543	抚州市黎川县社辛乡前进村
S16	2017361116	赣州市大余县池江镇九水畲族村	S72	2018363176	赣州市寻乌县水源乡周畲村
S17	P360424026	九江市修水县山口镇辛岭村	S73	2018361304	鹰潭市余江区马荃镇汉溪村
S18	P360983049	宜春市高安市筠阳镇聂圩村	S74	2018362563	抚州市黎川县中田乡公村村
S19	P360502026	新余市渝水区人和乡石园村	S75	2018363211	赣州市寻乌县丹溪乡彭溪村
S20	P360722016	赣州市信丰县铁石口镇寨背村	S76	2018361342	鹰潭市余江区画桥镇画桥村
S21	P363321026	上饶市上饶县石人乡石人村	S77	2018361634	赣州市定南县岭北镇南丰村
S22	2017361461	九江市永修县立新乡北徐村	S78	2018361650	赣州市定南县岭北镇大坝村
S23	2017361354	九江市修水县布甲乡横山村	S79	2018361658	赣州市定南县岭北镇蔡阳村
S24	P360202013	景德镇市昌江区西郊街道	S80	2018361649	赣州市定南县岭北镇大坝村
S25	P360402016	九江市濂溪区高垅乡谷山村	S81	2018361625	赣州市定南县鹅公镇柱石村
S26	2018362066	赣州市宁都县固厚乡渣源村	S82	2018361563	宜春市上高县野市乡稍溪村
S27	2018362006	赣州市宁都县青塘镇社岗村	S83	2018362406	赣州市宁都县赖村镇赖村村
S28	P361124008	上饶市铅山县紫溪乡火星村	S84	2018363261	赣州市寻乌县水源乡周畲村
S29	P360424025	九江市修水县山口镇辛岭村	S85	2018361324	鹰潭市高公寨林场司马源分场
S30	P360827003	吉安市遂川县泉江镇四里村	S86	2018362502	吉安市安福县钱山乡大岭村
S31	2017361462	九江市永修县立新乡北徐村	S87	2018362501	吉安市安福县钱山乡大岭村
S32	P360722015	赣州市信丰县铁石口镇寨背村	S88	2018363021	赣州市瑞金市谢坊镇塘背村
S33	P360821022	吉安市吉安县官田乡百丈垅村	S89	2018362460	吉安市安福县甘洛乡南阜村
S34	P360828015	吉安市万安县夏造镇江北乡	S90	2018361547	宜春市上高县野市乡水口村
S35	2018363462	井冈山市长古岭林场湘洲村	S91	2018362665	上饶市横峰县葛源镇考坑村
S36	P361102002	上饶市信州区朝阳镇下源村	S92	2018362438	赣州市宁都县石上镇蛇形排村
S37	2017362190	九江市都昌县大港镇土目村	S93	2018361440	上饶市玉山县紫湖镇川桥村
S38	P360803029	吉安市青原区新圩镇城山村	S94	2018363465	井冈山市长古岭林场湘洲村
S39	2017363073	九江市瑞昌市横立山乡青岭村	S95	2018363586	井冈山市长坪乡中烟村
S40	P360827008	吉安市遂川县于田镇田心村	S96	2018363560	井冈山市新城镇排头村
S41	P360703026	赣州市南康县隆木镇晓源村	S97	P360924013	宜春市宜丰县车上林场小洞村
S42	2018361607	赣州市定南县鹅公镇莲塘村	S98	2018363490	井冈山市长坪乡长坪村
S43	P360424024	九江市修水县山口镇辛岭村	S99	2018361738	吉安市峡江县仁和镇新陂村
S44	P360726012	赣州市安远县新龙乡田心村	S100	2018361780	吉安市峡江县马埠镇王港村
S45	P361026018	抚州市宜黄县凤冈镇北关村	S101	2018361770	吉安市峡江县马埠镇夏塘村
S46	2018361414	上饶市玉山县杯玉乡洋塘村	S102	2018361737	吉安市峡江县人和镇新陂村
S47	2017363052	萍乡市莲花县荷塘乡文塘村	S103	2018361715	吉安市峡江县金江乡南湖村
S48	2018362236	赣州市兴国县茶园乡匡坊村	S104	2019363015	上饶市鄱阳县银宝湖乡和平村
S49	2018362229	赣州市兴国县茶园乡匡坊村	S105	2019363019	上饶市鄱阳县银宝湖乡西分村
S50	2018361075	吉安市峡江县金江乡新溪村	S106	2019363058	上饶市鄱阳县饶埠镇天堂村
S51	2018362126	吉安市安福县金田乡沿沛村	S107	2019361001	抚州市南城县沙洲镇水口村
S52	2018362155	吉安市安福县赤谷乡苍坑村	S108	2019361105	抚州市南城县万坊镇上岭村
S53	2018363374	抚州市崇仁县马鞍镇大同村	S109	2019363059	上饶市鄱阳县饶埠镇天堂村
S54	2018363386	抚州市崇仁县马鞍镇马鞍村	S110	2019363310	宜春市铜鼓县排埠镇华联村
S55	2018363373	抚州市崇仁县马鞍镇大同村	S111	2019363354	宜春市铜鼓县高桥乡担坑村
S56	2018363339	抚州市崇仁县相山镇厚料村			

色、叶柄主色、柄基色和茎主色均以绿色的分布频率最高,浅紫色或紫色次之;株型为半直立的分布频率最高,为68.47%,其次是匍匐,分布频率为30.63%;薯形主要为纺锤形和不规则形,分布频率均为23.42%,其次是短纺锤和下膨纺,分布频率分别为11.71%和10.81%;薯皮主色以粉红色的分布频率最高,为36.04%,其次是褐色和紫红色,分布频率分别22.52%和18.02%;薯肉主色类型较丰富,薯肉主色为橘红、淡黄、黄和白色的种质资源分布频率在20.00%左右,其次为橘黄,分布频率为11.71%,紫肉种质数量最少,仅有4份。111份甘薯地方种质资源14个质量性状的 $H'$ 为0.31~2.01,平均为1.20,其中叶色、叶柄主色、茎主色和株型的 $H'$ 均小于1.00,其余10个质量性状的 $H'$ 均大于1.00(表2)。综上所述,江

西甘薯地方种质资源的大部分质量性状遗传多样性较丰富,但叶色和株型的遗传多样性较低、表型较一致,暗示在长期种植过程中,叶色和株型是受到较强定向选择压力的表型性状,农户对绿色叶、半直立株型有较强偏好性。

由表3可知,111份甘薯地方种质资源8个数量性状的变异系数为12.15%~60.56%,其中,中薯率的变异系数最大,随后依次为单株结薯数、节间长、主蔓长、基部分枝数、大薯率和干物率,茎直径的变异系数最小;8个数量性状的 $H'$ 为1.38~1.50,平均为1.43,其中大薯率的 $H'$ 最大,随后依次为中薯率、茎直径、主蔓长、基部分枝数、干率和单株结薯数,节间长的 $H'$ 最小。中薯率、单株结薯数和大薯率均是鲜薯产量的重要构成因子,这3个性状变异程度较大,均具

表 2 111份甘薯地方种质资源质量性状的变异情况及其多样性分析

Table 2 Variation and diversity analysis of quality traits of 111 sweetpotato landraces germplasm resources

性状 Trait	描述规范及级别分布频率(%) Description standard and frequency of different phenotypic degree										$H'$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
顶芽色 Color of top bud	浅绿 (40.54)	绿 (35.14)	浅紫 (7.20)	紫 (15.32)	深紫 (0)	褐 (1.80)					1.28
顶叶形状 Shape of top leaf	圆 (0.90)	肾 (0)	心 (19.82)	尖心 (5.40)	三角 (17.12)	缺刻 (56.76)					1.14
顶叶色 Color of top leaf	浅绿 (27.03)	绿 (39.64)	紫绿 (9.01)	褐绿 (8.11)	浅紫 (2.70)	紫 (13.51)	褐 (0)	金黄 (0)	红 (0)		1.51
叶片形状 Leaf shape	圆 (1.80)	肾 (0.90)	心 (14.41)	尖心 (5.41)	三角 (25.23)	缺刻 (52.25)					1.24
叶色 Leaf color	浅绿 (3.61)	绿 (92.79)	紫绿 (0)	褐绿 (3.60)	浅紫 (0)	紫 (0)	褐 (0)	金黄 (0)	红 (0)		0.31
叶主脉色 Main vein color	浅绿 (18.02)	绿 (36.94)	黄 (0)	浅紫 (0)	紫 (23.42)	紫斑 (21.62)					1.35
脉基色 Color of basic leaf vein	浅绿 (7.21)	绿 (30.63)	浅紫 (27.93)	紫 (30.63)	深紫 (3.60)						1.39
叶柄主色 Predominant color of petiole	浅绿 (1.80)	绿 (71.17)	浅紫 (22.52)	紫 (3.61)	深紫 (0.90)						0.81
柄基色 Color of basic petiole	浅绿 (2.70)	绿 (58.56)	浅紫 (28.83)	紫 (9.01)	深紫 (0.90)						1.03
茎主色 Predominant color of vine	浅绿 (1.80)	绿 (77.48)	紫 (5.41)	浅紫 (11.71)	紫 (3.60)	深紫 (0)	褐 (0)				0.80
株型 Plant type	直立 (0.90)	半直立 (68.47)	匍匐 (30.63)	攀缘 (0)							0.66
薯形 Sweetpotato root shape	球形 (4.50)	短纺锤 (11.71)	纺锤 (23.43)	长纺锤 (8.11)	上膨纺 (7.21)	下膨纺 (10.81)	筒形 (3.60)	弯曲 (7.21)	不规则 (23.42)		2.01
薯皮主色 Skin color of sweetpotato	白 (0)	浅黄 (2.70)	棕黄 (1.80)	黄 (16.22)	褐 (22.52)	粉红 (36.04)	红 (0)	紫红 (18.02)	紫 (2.70)	深紫 (0)	1.57
薯肉主色 Predominant color of flesh	白 (18.02)	淡黄 (22.52)	黄 (20.73)	橘黄 (11.71)	橘红 (23.42)	粉红 (0)	红 (0)	紫红 (0)	紫 (2.70)	深紫 (0.90)	1.70

表 3 111份甘薯地方种质资源数量性状的变异情况及多样性分析

Table 3 Variation and diversity analysis of quantitative traits of 111 sweetpotato landraces germplasm resources

项目 Item	茎直径(mm) Diameter of stem	节间长(cm) Length between nodes	基部分枝数 Number of base branch	主蔓长(cm) Length of main vine	干物率(%) Dry matter content	单株结薯数 Root number per plant	大薯率(%) Percentage of big root	中薯率(%) Percentage of moderate root
最大值 Max	7.76	27.07	24.00	266.33	41.18	7.40	100.00	55.41
最小值 Min	4.42	3.00	2.67	45.00	23.51	0.20	31.17	0
平均值 Mean	5.76	11.99	9.72	132.03	31.25	2.92	70.75	19.74
变异系数(%) CV	12.15	39.01	33.92	38.64	15.70	52.38	23.28	60.56
$H'$	1.47	1.38	1.41	1.43	1.40	1.40	1.50	1.48

有较丰富的遗传多样性,表明江西甘薯地方种质资源在薯块产量上具有很大的遗传改良空间。

## 2.2 甘薯地方种质资源数量性状的相关分析结果

对甘薯地方种质资源的8个数量性状进行相关性分析,结果如表4所示。地上部各性状间存在不同程度的相关性,其中主蔓长与节间长呈极显著正相关( $P<0.01$ ,下同),与茎直径和基部分枝数呈显著正相关( $P<0.05$ ,下同);地上部性状和薯块性状间也存在不同程度的相关性,其中大薯率与基部分枝数呈极显著正相关,与节间长、单株结薯数和中薯率均呈极显著负相关。综上所述,甘薯种质资源的表型性状间存在不同程度相关性,故可根据易于观察的性状实现对难以观测性状的选择,如可通过基部分枝数对大薯率进行预判,以提高种质资源鉴定利用效率。

## 2.3 甘薯地方种质资源主要表型性状聚类分析结果

将22个表型性状数据标准化处理后,采用Ward法对111份甘薯地方种质资源进行聚类分析,结果如图1所示。在遗传距离9.8时可将参试资源分为四大类群(I~IV),第I、II、III、IV类群分别包含45、18、15和33份种质资源,分别占种质资源总数的40.54%、16.22%、13.51%和29.73%。按类群对各数量性状数据进行单因素方差分析,结果显示,部分类群的节间长、基部分枝数、主蔓长、干物率和大薯率存在显著差异,但四大类群的茎直径、单株结薯数和中薯率均无显著差异( $P>0.05$ )(表5)。由表5还可知,四大类群株型均以半直立为主,薯形多以纺锤形为主,其中第I类群的地上部性状颜色多为绿色和浅绿色,顶叶和成叶多为缺刻,薯皮多为粉红色或黄色,薯肉多为橘红色或黄色,多为短蔓,主要用于鲜食、蒸煮食用或制作薯脯;第II类群的顶芽和顶叶主要为紫色,顶叶主要为缺刻和心形,成叶主要为三角形,薯皮主要为褐色和粉红色,薯肉主要为橘红色和橘黄色,多为中长蔓,干物率和大薯率较高,主要用于制作薯

脯;第III类群的脉基色以浅紫色为主,顶叶主要为心形,成叶主要为三角形,薯皮主要为褐色,薯肉主要为黄色和橘红色,多为中长蔓,基部分枝数较少,干物率高,单株结薯数较多,主要用于加工甘薯全粉;第IV类群的柄基色和叶柄主色多为浅紫色,顶叶主要为缺刻和心形,成叶主要为心形,薯皮主要为粉红色,薯肉主要为淡黄色,多为中等蔓,干物率和大薯率较高,主要用于鲜食或加工甘薯淀粉。总体而言,质量性状和数量性状对聚类结果均有贡献,江西地方甘薯种质资源不同类群间地上部和地下部性状均存在明显差异,且来自同一地区的材料分散于各类群,并未按照地区聚类,无明显的地域性。

## 2.4 优异特色甘薯地方种质资源

根据鉴定结果,以蔓长 $<160.00$  cm,单株结薯数 $>4.00$ ,干物率 $>23.00\%$ ,大中薯率 $>85.00\%$ 为标准,从111份甘薯种质资源中筛选出3份综合性状优异资源,均属于第I类群,分别为北关白心薯、石园红薯和周畚黄心薯。其中,北关白心薯(采集编号为P361026018,图2-A)采集自抚州市宜黄县凤冈镇,当地主要用于淀粉加工,并将其茎叶当作蔬菜食用,该种质为棕黄皮白心薯,在南昌种植2年平均产量为21300 kg/ha,平均主蔓长为156.00 cm,平均干物率为28.61%,平均单株结薯数为5.2个,平均大薯率为81.52%,平均中薯率为16.42%;石园红薯(采集编号为P360502026,图2-B)采集自新余市渝水区人和乡,当地主要用作鲜食或煮食,该种质为粉红皮桔红心,在南昌种植2年平均产量为23700 kg/ha,平均主蔓长为104.00 cm,平均干物率为24.20%,平均单株结薯数为4.8个,平均大薯率为46.08%,平均中薯率为38.94%;周畚黄心薯(采集编号为2018363261,图2-C)采集自寻乌县水源乡,当地主要用于薯干加工,该种质为黄皮桔黄心,在南昌种植2年平均产量为20700 kg/ha,平均主蔓长为78.46 cm,平均干物率为26.51%,平均单株结薯数为4.3个,平均大薯率为84.15%,平均中

表4 111份甘薯地方种质资源数量性状的相关分析

Table 4 Correlation analysis of quantitative traits of 111 sweetpotato landraces germplasm resources

性状 Trait	茎直径 Diameter of stem	节间长 Length between nodes	基部分枝数 Number of base branch	主蔓长 Length of main vine	干物率 Dry matter content	单株结薯数 Root number per plant	大薯率 Percentage of big root
节间长 Length between nodes	0.02						
基部分枝数 Number of base branch	0.04	-0.09					
主蔓长 Length of main vine	0.20*	0.32**	0.23*				
干物率 Dry matter content	0.11	0.09	0.06	0.07			
单株结薯数 Root number	0.03	0.07	-0.09	0.11	0.05		
大薯率 Percentage of big root	0.09	-0.30**	0.27**	-0.07	-0.07	-0.25**	
中薯率 Percentage of moderate root	-0.10	0.25*	-0.26*	0.04	0.02	0.21*	-0.85**

\*和\*\*分别表示显著( $P<0.05$ )和极显著( $P<0.01$ )相关

\* indicated significant correlation( $P<0.05$ ) and \*\* indicated extremely significant correlation( $P<0.01$ )

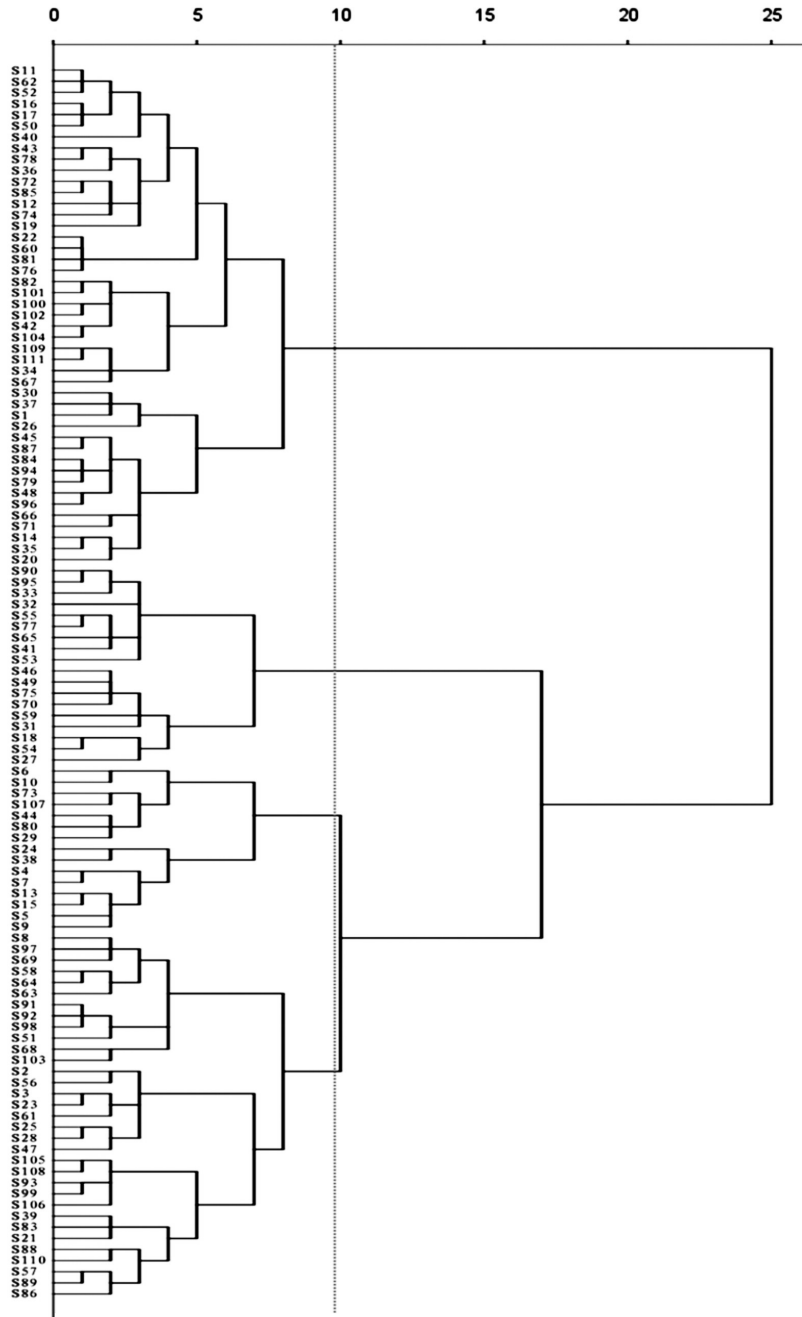


图 1 111份甘薯地方种质资源表型性状聚类分析结果

Fig.1 Phenotypic traits cluster analysis of 111 sweetpotato landraces germplasm resources

薯率为14.78%。3份综合性状优异资源薯形均不规则(图2),表明较之薯块外观,农户选择甘薯地方品种时更注重产量和口感。

从111份甘薯地方种质资源中筛选出1份高干物率种质资源,其为修水大白薯(采集编号为P360424031),属于第Ⅲ类群,薯块平均干物率为40.40%,该种质采集自九江市修水县山口镇欣岭村,在当地已有40年以上的栽培历史,蒸煮后口感面、甜,但产量较低,在南昌种植2年平均产量为10200 kg/ha,可作为高淀粉甘薯品种选育的亲本材料。

### 3 讨论

表型性状具有直观、易识别的特点,通过认真细致的观察就可区分出不同的表型个体,故表型性状的观察测定是传统育种的主要方法。对甘薯种质资源的表型性状进行调查分析,是种质资源鉴定评价的重要手段,也是有效利用甘薯种质资源的前提(赵冬兰等,2015;黄咏梅等,2021;姚祝芳等,2022)。近年来,多元统计分析被广泛应用于大蒜(都真真等,2019)、花生(黄杨等,2021)、大豆(赵朝森等,

表 5 甘薯地方种质资源各类群表型性状主要特征

Table 5 Main characters of phenotypic traits in four clusters of sweetpotato landraces germplasm resources

性状 Trait	项目 Item	类群 Cluster			
		I	II	III	IV
茎直径(mm)	均值 Mean	5.62	5.97	5.82	5.82
Diameter of stem	变异系数(%) CV	12.27	14.12	12.73	10.21
节间长(cm)	均值 Mean	9.86c	12.16bc	15.21a	13.33ab
Length between nodes	变异系数(%) CV	38.12	34.81	40.46	30.51
基部分枝数	均值 Mean	10.23ab	10.94a	8.24b	9.05ab
Number of base branch	变异系数(%) CV	33.36	37.36	34.25	27.86
主蔓长(cm)	均值 Mean	110.22b	146.57a	157.18a	142.40a
Length of main vine	变异系数(%) CV	42.16	28.21	36.56	34.60
干物率(%)	均值 Mean	30.10b	31.70b	34.70a	31.02b
Dry matter content	变异系数(%) CV	16.71	12.86	11.40	16.02
单株结薯数	均值 Mean	2.68	2.58	3.62	3.13
Root number per plant	变异系数(%) CV	52.68	65.01	43.84	48.52
大薯率(%)	均值 Mean	71.24a	75.05a	60.40b	72.43a
Percentage of big root	变异系数(%) CV	23.10	21.50	28.51	20.87
中薯率(%)	均值 Mean	20.15	18.48	21.03	19.27
Percentage of moderate root	变异系数(%) CV	60.60	67.07	66.10	56.34
顶芽色 Color of top bud		浅绿、绿	紫	绿	浅绿
顶叶形状 Shape of top leaf		缺刻	缺刻、心形	心形	缺刻、心形
顶叶色 Color of top leaf		绿	紫	绿	浅绿、绿
叶片形状 Leaf shape		缺刻	三角	三角	心形
叶色 Leaf color		绿	绿	绿	绿
叶主脉色 Main vein color		绿、浅绿	紫、绿	绿	紫
脉基色 Color of basic leaf vein		绿	浅紫	浅紫	紫
叶柄主色 Predominant color of petiole		绿	绿	绿	浅紫
柄基色 Color of basic petiole		绿	绿、浅紫	绿	浅紫
茎主色 Predominant color of vine		绿	绿	绿	绿
株型 Plant type		半直立	半直立	半直立	半直立
薯形 Sweetpotato root shape		不规则、纺锤	纺锤	短纺锤	纺锤
薯皮主色 Skin color of sweetpotato		粉红、黄	褐、粉红	褐	粉红
薯肉主色 Predominant color of flesh		橘红、黄	橘红、橘黄	黄、橘红	淡黄

同一行均值数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )

Different lowercase letters in the same line of mean indicated significant difference ( $P<0.05$ )



图 2 3份优异甘薯地方种质资源

Fig.2 Photos of three elite sweetpotato landraces germplasm resources

A:北关白心薯;B:石园红薯;C:周畚黄心薯

A:Beiguan white-flesh sweetpotato;B:Shiyuan sweetpotato;C: Zhoushe yellow-flesh sweetpotato

2021)等农作物种质资源评价中。丰富多样的种质资源是挖掘优异种质、充实育种材料的基础,也是保持作物种质基因多样性的关键。本研究分析了111份江西甘薯地方种质资源22个表型性状的变异情况及多样性,结果发现,8个数量性状的变异系数为

12.15%~60.56%, $H'$ 为1.38~1.50,14个质量性状的 $H'$ 为0.31~2.01,与姚祝芳等(2022)的研究结果基本一致;按地上部和薯块区分,则15个地上部性状的平均 $H'$ 为1.15,7个薯块性状的平均 $H'$ 为1.58,说明江西地方甘薯种质资源的表型多样性丰富,开发利用

潜力巨大。此外,薯块是甘薯的主要收获部位,其表型性状具有较高的多样性,则表明薯块相关性状具有较大遗传改良空间,有利于选育突破性品种。

合理的株型能改善作物光合作用效率,提升经济产量(Wang et al., 2018)。本研究通过相关分析发现,主蔓长与节间长、茎直径和基部分枝数呈显著正相关,这4个性状均是构成甘薯株型的重要因素。目前,在甘薯品种选育上也愈加重视株型的选择(蒋晓璐, 2013)。此外,本研究结果显示,大薯率与基部分枝数呈极显著正相关,与节间长、中薯率和单株结薯数呈极显著负相关,表明甘薯地上部性状与块根性状密切相关,与前人的研究结果(后猛等, 2011; 姚祝芳等, 2022)基本一致。源和库是作物形成经济产量的2个重要方面,对大多数作物而言,其源库关系均有一个建立、发展和平衡的过程。甘薯具有典型的源库关系,其地上和地下部协调发展是甘薯高产的保障(宁运旺等, 2015)。这些结论可为甘薯育种的亲本选择和品系选育提供理论参考,如选育大薯率较高的加工型品种时,应选择基部分枝数较多,节间长较短,蔓长适中的材料为亲本,并据此进行品系选择。

本研究对111份甘薯地方种质资源进行聚类分析,可将其分为四大类群,根据各类群的特点可看出,类群间的差异既体现了节间长、主蔓长、基部分枝数、干物率和大薯率5个数量性状的差异性,又体现了叶片形状、脉基色、薯形、薯皮主色、薯肉主色等质量性状的差异性,说明江西甘薯地方种质资源的表型性状差异较大,具有一定的独特性,与姚祝芳等(2022)基于3个数量性状和8个质量性状对177份甘薯地方种质资源的聚类分析结果相似,说明选择与甘薯特征特性密切相关的形态标记作为鉴定参数对甘薯种质资源进行初步分类鉴定和筛选是可行的。此外,从四大类群种质的收集地来看,不同类群种质的收集地存在地理位置交错分布的现象,且不同种质间遗传距离的大小与地理来源位置的远近无相关性,表明江西甘薯地方种质资源不存在明显的地理类群,与赵冬兰等(2015)的研究结果类似,即基于形态标记并未将176份中国甘薯地方种质按来源地进行聚类;在生姜(李德文等, 2022)、芝麻(王郅琪等, 2022)等其他作物种质资源遗传多样性分析研究中也得到相似结果,这些结果说明植物表型性状受基因和环境共同作用,提示按地理来源对种质资源进行分类有较大局限性。

通过描述和鉴定农艺性状、计算多样性指数和变异系数及聚类分析对作物种质资源进行鉴定评价

和遗传多样性分析,是种质资源研究利用的重要手段(赵孟良等, 2020; 姚祝芳等, 2022)。但由于表型性状的鉴定易受鉴定人员的主观判断、标准选择及环境条件等因素影响,导致基于种质资源群体的表型性状开展遗传多样性分析具有一定的局限性。随着生物技术的不断发展,从分子水平上对种质资源进行遗传多样性评价,并结合表型性状进行关联分析,有助于更准确可靠地筛选鉴定关键性状候选基因,挖掘优异种质并应用于甘薯品种改良(Xiao et al., 2023)。

## 4 结论

江西甘薯地方种质资源主要表型性状变异较大,遗传多样性较丰富,尤其是薯块性状具有很大的遗传改良空间。111份江西甘薯地方种质资源分为四大类群,亲缘关系与地理来源无相关性。筛选出3份综合农艺性状优良的种质及1份高干物率种质,分别为北关白心薯、石园红薯、周畲黄心薯和修水大白薯,可作为育种亲本。

### 参考文献:

- 都真真,李锡香,宋江萍,武亚红,赵青,徐婷,张晓辉, Hellier B, Hu J G, 王海平. 2019. 228份引进大蒜资源的表型多样性分析及适应性初步评价[J]. 植物遗传资源学报, 20(5): 1186-1196. [Du Z Z, Li X X, Song J P, Wu Y H, Zhao Q, Xu T, Zhang X H, Barbara H, Hu J G, Wang H P. 2019. Phenotypic diversity and adaptability analysis of 228 accessions of introduced garlic genetic resources[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 20(5): 1186-1196.] doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.20190119001.
- 房伯平,张雄坚,陈景益,安康. 2004. 我国甘薯种质资源研究的历史与现状[J]. 广东农业科学, (S1): 3-5. [Fang B P, Zhang X J, Chen J Y, An K. 2004. The history and status of sweetpotato germplasm research in China[J]. Guangdong Agricultural Sciences, (S1): 3-5.] doi: 10.16768/j.issn.1004-874x.2004.s1.001.
- 关峰,张景云,石博,万新建,辛佳佳. 2021. 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, 22(2): 390-398. [Guan F, Zhang J Y, Shi B, Wan X J, Xin J J. 2021. Investigation, collection of vegetable germplasm resources and excellent resources discovery in Jiangxi [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 22(2): 390-398.] doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.20200730003.
- 后猛,李强,马代夫,张允刚,王欣,唐维,李秀英. 2011. 甘薯主要经济性状的遗传倾向及其相关性分析[J]. 西北农业学报, 20(2): 99-103. [Kou M, Li Q, Ma D F, Zhang Y G, Wang X, Tang W, Li X Y. 2011. Inherited tendency and correlation of main economic traits in sweetpotato [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 20(2): 99-103.] doi: 10.3969/j.issn.1004-1389.2011.02.020.

- 黄杨,熊信果,邹小云,丁戈,谷德平. 2021. 江西地方花生种质资源主要农艺性状分析与评价[J]. 植物遗传资源学报, 22(6): 1550-1558. [Huang Y, Xiong X G, Zou X Y, Ding G, Gu D P. 2021. Analysis and evaluation of main agronomic traits of local peanut germplasms in Jiangxi Province[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 22(6): 1550-1558.] doi:10.13430/j.cnki.jpgr.20210316001.
- 黄咏梅,李彦青,滑金锋,廖金秀,黄学华,银捷,梁耀文,陈天渊,李慧峰. 2021. 广西地方甘薯种质资源调查收集与初步鉴定[J]. 南方农业学报, 52(11): 2923-2931. [Huang Y M, Li Y Q, Hua J F, Liao J X, Huang X H, Yin J, Liang Y W, Chen T Y, Li H F. 2021. Investigation, collection and preliminary identification of sweet potato germplasm resources in Guangxi[J]. Journal of Southern Agriculture, 52(11): 2923-2931.] doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2021.11.002.
- 蒋晓璐. 2013. 关于甘薯理想株型探讨[J]. 安徽农业科学, 41(7): 2894-2895. [Jiang X L. 2013. Discussion on the ideal plant type of sweetpotato[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 41(7): 2894-2895.] doi:10.13989/j.cnki.0517-6611.2013.07.141.
- 兰孟焦,吴问胜,肖满秋,潘皓,侯隆英,葛瑞华. 2021. 江西甘薯品种资源主要农艺性状分析与综合评价[J]. 东北农业大学学报, 52(10): 1-10. [Lan M J, Wu W S, Xiao M Q, Pan H, Hou L Y, Ge R H. 2021. Analysis and comprehensive evaluation of main agronomic traits of sweet potato varieties in Jiangxi Province[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 52(10): 1-10.] doi:10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2021.10.001.
- 李德文,王少铭,李晋华,罗莉斯,冷家归,侯颖辉. 2022. 生姜种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 南方农业学报, 53(6): 1693-1703. [Li D W, Wang S M, Li J H, Luo L S, Leng J G, Hou Y H. 2022. Genetic diversity analysis of major agronomic traits of ginger germplasm resources[J]. Journal of Southern Agriculture, 53(6): 1693-1703.] doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2022.06.023.
- 李强,刘庆昌,马代夫,李鹏,李秀英,王欣,曹清河,翟红. 2009. 中国甘薯主要育成品种的遗传多样性及遗传趋势[J]. 江苏农业学报, 25(2): 253-259. [Li Q, Liu Q C, Ma D F, Li P, Li X Y, Wang X, Cao Q H, Zhai H. 2009. Genetic diversity and genetic tendency of main Chinese sweetpotato cultivars[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 25(2): 253-259.]
- 宁运旺,马洪波,张辉,汪吉东,许仙菊,张永春. 2015. 甘薯源库关系建立、发展和平衡对氮肥用量的响应[J]. 作物学报, 41(3): 432-439. [Ning Y W, Ma H B, Zhang H, Wang J D, Xu X J, Zhang Y C. 2015. Response of sweetpotato in source-sink relationship establishment, expanding, and balance to nitrogen application rates[J]. Acta Agronomica Sinica, 41(3): 432-439.] doi:10.3724/SP.J.1006.2015.00432.
- 沈升法,项超,吴列洪,李兵,罗志高. 2021. 浙江省甘薯种质资源的品质鉴定与聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 22(1): 247-259. [Shen S F, Xiang C, Wu L H, Li B, Luo Z G. 2021. Quantification and cluster analysis of quality-related traits in sweetpotato germplasm resources in Zhejiang Province[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 22(1): 247-259.] doi:10.13430/j.cnki.jpgr.20200608004.
- 宋吉轩,李云,邓仁菊,李丽,李标. 2017. 贵州紫心甘薯种质资源形态标记聚类分析[J]. 北方园艺, (18): 58-61. [Song J X, Li Y, Deng R J, Li L, Li B. 2017. Cluster analysis of morphologic characteristic of germplasm resources for purple sweetpotato in Guizhou[J]. Northern Horticulture, (18): 58-61.] doi:10.11937/bfyy.20170211.
- 王郅琪,孙建,周红英,颜小文,梁俊超,赵云燕,饶月亮,危文亮,乐美旺. 2022. 江西省芝麻地方种质表型性状遗传多样分析[J]. 南方农业学报, 53(4): 1021-1029. [Wang Z Q, Sun J, Zhou H Y, Yan X W, Liang J C, Zhao Y Y, Rao Y L, Wei W L, Le M W. 2022. Genetic diversity analysis of phenotypic traits of sesame local germplasm in Jiangxi Province[J]. Journal of Southern Agriculture, 53(4): 1021-1029.] doi:10.3969/j.issn.2095-1191.2022.04.015.
- 吴问胜,程春明,王瑞珍,饶月亮. 2001. 江西甘薯生产与利用状况及其发展前景[J]. 江西农业科技, (6): 9-11. [Wu W S, Cheng C M, Wang R Z, Rao Y L. 2001. Production, utilization and prospects of sweetpotato in Jiangxi[J]. Jiangxi Agricultural Science & Technology, (6): 9-11.]
- 许泳清,邱永祥,刘中华,邱思鑫. 2012. 21份甘薯种质资源的性状鉴定与利用评价[J]. 福建农业科技, (Z1): 35-37. [Xu Y Q, Qiu Y X, Liu Z H, Qiu S X. 2012. Character identification and utilization evaluation of 21 sweet potato germplasm materials[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, (Z1): 35-37.] doi:10.13651/j.cnki.fjnykj.2012.z1.036.
- 姚祝芳,吴柔贤,张雄坚,戴彰言,杨义伶,黄立飞,刘军,房伯平. 2021. 广东甘薯种质资源系统收集与鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报, 22(6): 1498-1508. [Yao Z F, Wu R X, Zhang X J, Dai Z Y, Yang Y L, Huang L F, Liu J, Fang B P. 2021. Systematic field collection and identification of sweetpotato resources in Guangdong[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 22(6): 1498-1508.] doi:10.13430/j.cnki.jpgr.20210419002.
- 姚祝芳,张雄坚,杨义伶,黄立飞,陈新亮,姚肖健,罗忠霞,陈景益,王章英,房伯平. 2022. 177份甘薯地方资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 作物学报, 48(9): 2228-2241. [Yao Z F, Zhang X J, Yang Y L, Huang L F, Chen X L, Yao X J, Luo Z X, Chen J Y, Wang Z Y, Fang B P. 2022. Genetic diversity of phenotypic traits in 177 sweetpotato landrace[J]. Acta Agronomica Sinica, 48(9): 2228-2241.] doi:10.3724/SP.J.1006.2022.14166.
- 张允刚,房伯平. 2005. 甘薯种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社. [Zhang Y G, Fang B P. 2005. Description and data standard of sweetpotato germplasm resources[M]. Beijing: Chinese Agricultural Press.]
- 赵冬兰,唐君,曹清河,周志林,张安. 2015. 中国甘薯地方种

- 质资源遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 16(5): 994-1003. [Zhao D L, Tang J, Cao Q H, Zhou Z L, Zhang A. 2015. Analysis of genetic diversity of sweetpotato landraces in China[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 16(5): 994-1003.] doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.2015.05.010.
- 赵孟良, 王丽慧, 任延靖, 孙雪梅, 侯志强, 杨世鹏, 李莉, 钟启文. 2020. 257份菊芋种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 作物学报, 46(5): 712-725. [Zhao M L, Wang L H, Ren Y J, Sun X M, Hou Z Q, Yang S P, Li L, Zhong Q W. 2020. Genetic diversity of phenotypic traits in 257 Jerusalem artichoke accessions[J]. Acta Agronomica Sinica, 46(5): 712-725.] doi: 10.3724/SP.J.1006.2020.94098.
- 赵朝森, 王瑞珍, 赵现伟. 2021. 国外大豆种质资源农艺及品质性状分析与评价[J]. 植物遗传资源学报, 22(3): 665-673. [Zhao C S, Wang R Z, Zhao X W. 2021. Analysis and evaluation of agronomic and quality traits of soybean germplasm resources from abroad[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 22(3): 665-673.] doi: 10.13430/j.cnki.jpgr.20200924002.
- Anglin N L, Robles R, Rossel G, Alagon R, Panta A, Jarret R L, Manrique N, Ellis D. 2021. Genetic identity, diversity, and population structure of CIP's sweetpotato (*I. batatas*) germplasm collection[J]. Frontiers in Plant Science, 12: 660012. doi: 10.3389/fpls.2021.660012.
- Escobar-Puentes A A, Palomo I, Rodríguez L, Fuentes E, Villegas-Ochoa M A, González-Aguilar G A, Olivas-Aguirre F J, Wall-Medrano A. 2022. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) phenotypes: From agroindustry to health effects[J]. Foods, 11(7): 1058. doi: 10.3390/foods11071058.
- Keylock C. 2005. Simpson diversity and the Shannon-Wiener index as special cases of a generalized entropy[J]. Oikos, 109: 203-207. doi: 10.1111/j.00301299.2005.13735.x.
- Slonecki T J, Rutter W B, Olukolu B A, Yencho G C, Jackson D M, Wadl P A. 2022. Genetic diversity, population structure, and selection of breeder germplasm subsets from the USDA sweetpotato (*Ipomoea batatas*) collection[J]. Frontiers in Plant Science, 13: 1022555. doi: 10.3389/fpls.2022.1022555.
- Wang B, Smith S, Li J Y. 2018. Genetic regulation of shoot architecture[J]. Annual Review of Plant Biology, 69: 437-468. doi: 10.1146/annurev-arplant-042817-040422.
- Xiao S Z, Dai X B, Zhao L X, Zhou Z L, Zhao L K, Xu P, Gao B Q, Zhang A, Zhao D L, Yuan R, Wang Y, Wang J, Li Q L, Cao Q H. 2023. Resequencing of sweetpotato germplasm resources reveals key loci associated with multiple agronomic traits[J]. Horticulture Research, 10(1): 128-139. doi: 10.1093/hr/uhac234.

(责任编辑 陈 燕)