

中国芋种质资源研究进展

吴薇, 常庆涛, 王安* (江苏省农业科学院泰州农科所, 江苏泰州 225300)

摘要 中国是芋属的起源中心之一, 芋含有丰富的蛋白质、淀粉、脂类、矿物质、维生素 B₁、维生素 B₂、花青苷等, 具有很好的食用价值和很高的药用价值。对中国在芋种质资源的起源分布、分类保存、生物学、生理生态学、评价标准、种质创新等方面获得的主要进展进行综述, 并对今后的研究方向进行展望。

关键词 芋; 种质资源; 起源分布; 分类保存; 生物学; 生理生态学; 评价; 种质创新

中图分类号 S632.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)14-0004-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.14.002



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress of *Colocasia esculenta* Germplasm Resources in China

WU Wei, CHANG Qing-tao, WANG An (Taizhou Institute of Agricultural Sciences, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Taizhou, Jiangsu 225300)

Abstract China is one of the origin centers of *Colocasia*. *Colocasia esculenta* is rich in protein, starch, lipids, mineral elements, vitamin B₁, vitamin B₂, anthocyanins, etc., and has good edible value and high medicinal value. This article reviewed the main progress made in the origin and distribution, classification and preservation, biology, physiological ecology, evaluation standards, germplasm innovation of *Colocasia esculenta* germplasm resources in China, and prospected for future research directions.

Key words *Colocasia esculenta*; Germplasm resources; Origin and distribution; Classification and preservation; Biology; Physiological ecology; Evaluation; Germplasm innovation

芋[*Colocasia esculenta* (L.) Schoot], 又名青芋、芋艿、毛芋头, 天南星科(Araceae)芋属(*Colocasia*)多年生块茎植物, 常作一年生作物栽培, 是中国重要的药食同源作物。中国是芋属的起源中心之一, 全世界的芋属植物有 20 种, 其中中国就有 6 种^[1]。芋含有丰富的蛋白质、淀粉和脂类, 大量的钙、磷、铁等人体所需的矿物质元素, 较多的维生素 B₁ 和 B₂, 以及花青苷、甾醇、过氧化氢酶、胡萝卜素、维生素 D₂ 等。芋不仅具有很好的食用价值, 还具有很高的药用价值, 其叶、叶柄、花、块茎均可食用, 亦可入药, 对于痛病、肿毒、腹中痞块、牛皮癣、烫火伤等有良好的辅助疗效^[2]。随着人们生活水平的提高和全社会健康观念的转变, 芋及其加工制品越来越受到消费者的青睐, 其营养保健价值广受关注。笔者对中国在芋种质资源的起源分布、分类保存、生物学、生理生态学、评价标准、种质创新等方面的研究进展进行综述, 并展望了今后的研究方向。

1 芋的起源和分布

1.1 起源 芋原产中国、印度及马来半岛, 现各热带及亚热带地区广泛栽培^[3]。De Candolle 和 Hooker 早在 19 世纪就提出芋原产于印度等亚洲热带地区, 之后 Bailey 也在《园艺标准百科全书》中提到芋分布于热带及亚热带, 在中国、日本、埃及都有栽培, Macmillan 更在 1962 年提到芋在热带国家栽培已久^[4]。

据可考文献记载, 芋在中国已有 2 300 多年的栽培历史, 早在公元前 4 世纪, 《管子》中首次提到了芋的种植: “春日事

相, 次日获麦, 次日薄芋, 古教民种芋者, 始此矣”。自公元前 1 世纪始, 分别在《史记》《说文解字》《广雅》和《名医别录》等著作中提到了芋头, 并分别称其为“蹲鹤”“莒”“蕞”和“土芝”, 《广雅》更是最先提出了“水芋”一名, 1578 年的《本草纲目》中再次提到了“水芋”, 更对“水芋”和“旱芋”进行了区分^[5]。2005 年沈镛等^[6]采用 AFLP 分子标记技术, 对 48 份云南芋种质进行遗传多样性分析, 发现云南地区在芋进化过程中占重要位置, 特别是云南南部可能是芋起源和驯化的中心之一, 这也从分子层面为芋起源于中国提供了依据。

1.2 分布 芋头主产区在非洲及亚洲的中国、厄利比亚、加纳、喀麦隆、菲律宾等地。联合国粮农组织(FAO)统计, 2016 年全球芋种植面积为 167.1 万 hm², 总产 1 012.6 万 t, 其中, 种植面积最广的是非洲, 总面积为 144.6 万 hm², 占世界总面积的 86.6%; 其次是亚洲, 总面积为 21 万 hm², 占世界总面积的 7.3%; 主要生产国为中国、菲律宾和泰国; 另外, 在北美洲、大洋洲和南美洲也均有种植, 总的种植面积为 10.2 万 hm², 仅占世界总面积的 6.1%^[7]。

在中国, 芋头的栽培历史悠久, 种植范围广泛, 主要分布在珠江流域、台湾地区、长江和淮河流域以及胶东半岛地区, 中国芋头种植面积最大的省份是山东, 2003 年种植面积就达 3 万 hm², 浙江、江苏、安徽、江西、湖南、湖北等省也有种植, 栽培的品种类型以多子芋为主, 槟榔芋和多头芋较少, 槟榔芋主要在广西种植, 多头芋则在云南、福建、四川等地较为常见^[8]。

另外, 通过对中国芋种质资源染色体数目的研究还发现, 芋的地理分布和垂直分布与它的多倍性是相关的。中国南部地区包括云南、四川、福建、广州、台湾等均有二倍体与三倍体芋的分布, 而中部及华北地区则只有三倍体芋的分布, 三倍体芋的品种比例不仅随着纬度的升高而增加, 还会随着海拔的升高而增加^[9]。

基金项目 2019 年省以上现代农业发展专项资金项目(TNY201911); 江苏现代农业产业技术体系建设项目(JATS[2020]267)。

作者简介 吴薇(1985—), 女, 上海人, 助理研究员, 硕士, 从事特粮特经作物研究。*通信作者, 助理研究员, 硕士, 从事特粮特经作物研究。

收稿日期 2020-11-09; **修回日期** 2021-01-13

2 芋种质资源的分类和保存

2.1 分类 对于芋的植物学分类一直存在争议,最早在 1979 年的《中国植物志》中提出芋属有 13 种,中国有 8 种^[10];之后的很长一段时期都认为芋属有 11 种和 2 个变种,中国有 7 种^[11-18];2005 年,中国科学院昆明植物所的科研人员通过形态学和经典分类学、细胞学、分子生物学等方面的研究工作,订正了世界的芋属植物种类,共计有 13 种和 2 个变种,其中中国有 11 种和 2 个变种^[19];最新的英文版《中国植物志》将其最终修订为芋属植物有 20 种,中国有 6 种,分别是勐腊芋、大野芋、芋、滇南芋、卷苞芋和假芋,其中芋和滇南芋是芋属中类型较丰富的种^[1]。

芋的园艺学分类可分为叶柄芋变种和球茎芋变种,其中球茎芋变种分魁芋类型($2n=2x=28$)、魁子兼用芋类型($2n=3x=42$)、多子芋类型($2n=2x=28, 2n=3x=42$)和多头芋类型($2n=2x=28, 2n=3x=42$),魁芋又分为匍匐茎魁芋副型、长魁芋副型(笋芋品种群与竹芋品种群)及粗魁芋副型(面芋品种群和槟榔芋品种群),多子芋分为绿柄品种群、红紫柄品种群和乌绿柄品种群,多头芋分为部分连接副型(绿柄和乌绿柄品种群)与全部连接副型(绿柄和乌绿柄品种群)^[8,20]。

2.2 保存 芋种质资源保存的方法包括就地保护、迁地保护和建立种质基因库。中国是收集和保存芋种质资源最齐全的国家,其中中国科学院昆明植物研究所收集并保存了芋属的 13 个种 2 个变种植物 62 份,1997 年报道福建农学院收集并保存芋种质资源 177 份,国家种质武汉水生蔬菜资源圃收集并保存了中国及印度、东南亚各国的芋种质资源 400 多份^[21-22]。

3 芋种质资源的生物学和生理生态学研究

3.1 细胞生物学研究 张谷曼等^[9]曾研究了中国的染色体数目,认为魁芋类为二倍体($2n=28$);魁子兼用类、多子芋类和多头芋类均为三倍体($2n=42$),未发现有四倍体和非整倍体存在,且芋的倍数性与生长习性有密切关系,二倍体品种母芋大、子芋少;三倍体品种子芋多、母芋较小。利容千^[23]对白杨芋和糯芋染色体的核型进行了研究,认为白杨芋核型公式为 $2n=2x=28=20m(4AST)+8sm$,核型为 1A 型;糯芋的核型公式为 $2n=2x=28=16m(4AST)+12sm$,核型为 2B 型。这 2 个品种的染色体组成基本相同,但染色体的长度比、相对长度和核型类型都有差异。曹利民等^[17]对中国 8 个种(包括 1 变种)的芋属植物的染色体数目和其中 5 个种的核型进行了研究,首次对异色芋、贡山芋、花叶芋、紫杆芋的染色体数目和异色芋、龚氏芋、李氏香芋、贡山芋的核型进行了报道,认为除紫杆芋为三倍体($2n=42$)外,其余均为二倍体($2n=28$),其中异色芋的核型公式为 $2n=2x=28=18m+10sin$,龚氏芋的核型公式为 $2n=2x=28=18m(4SAT)+10sin(4SAT)$;贡山芋的核型公式为 $2n=2x=28=24m+4sin$,李氏香芋的核型公式为 $2n=2x=28=18m(1SAT)+6sm+4st$;大野芋的核型公式为 $2n=2x=28=22m+4sin+2st$ 。黄新芳等^[24]对芋属中种质资源类型较为丰富的滇南芋和芋的染色体倍性进行了研究,认为滇南芋为二倍体($2n=2x=28$),芋中魁芋为二倍体 $2n=2x=28$,魁子兼用芋和中国的多头芋为三倍体

($2n=3x=42$),多子芋一般为三倍体($2n=3x=42$),但中国的白芽乌绿柄多子芋和印度的绿柄多子芋为二倍体($2n=2x=28$)。

3.2 遗传多样性研究 目前,国内外已经有许多研究者开展了芋种质资源遗传多样性的研究,其中中国开展最早的是陈文炳,他检测了收集到的中国 168 份栽培芋材料和 9 份野生芋材料的酯酶同工酶,结果除说明了叶片酯酶同工酶谱可作为芋品种群分类的重要依据外,还表明栽培芋可能由野生芋进化而来,也有可能栽培芋和野生芋由不同来源繁衍而来^[25]。沈镛等^[26]分别采用 5 种同工酶(酯酶、过氧化物酶、超氧化物歧化酶、多酚氧化酶、细胞色素氧化酶)、AFLP 和 RAPD 3 种方法对收集自云南的部分芋种质资源进行了遗传多样性分析,结果发现云南省的芋种质资源具有丰富的遗传多样性,他的研究结果表明大多数野生种大致可以与栽培种聚在不同的类群,而且多数野生种与栽培种关系较远,但是也并非所有的野生种都能聚到一起,一些野生种混在栽培类群中,而与其他一些野生种关系较远,体现出个体差异。这可能是因为不同的栽培种由不同的野生芋演化而来,或者不同的野生芋处于不同的进化阶段,也可能由于有的只是在较短时间内被弃之不用,并没有产生更大的变异,因此,仅就这一点来划分类群还远远不够的,这与陈文炳等^[25]的结果相符。龙雯虹等^[27]用 10 个有代表性的芋属栽培种和野生植株为材料进行 RAPD 分析,认为应用 RAPD 技术研究云南芋属资源是可行的,聚类分析结果反映的差异与形态差异基本吻合。沈镛等^[28]对云南省的 28 份芋种质资源材料进行 RAPD 分析,从 DNA 水平进一步验证了云南省芋种质资源具有丰富的遗传多样性,并通过聚类分析,发现以部分植物学性状等背景资料能对聚类结果进行初步分类,并给予一定合理的解释;沈镛等^[6]又采用 AFLP 分子标记技术,对 48 份云南芋种质进行遗传多样性分析,同样地,云南芋种质资源在 DNA 分子水平上表现出极为丰富的遗传多样性,聚类分析的结果与之前的研究结果相同,都表明野生种质和栽培种质的亲缘关系较远,有部分出现个体差异,可能是因为不同的栽培品种由不同的野生材料演化而来,且程度并不高,大部分芋种质的分类结果与形态性状基本一致,少数材料差异较大,这也印证了龙雯虹等^[27]的研究结果。梁根云等^[29]利用 SRAP 分子标记技术,对 65 份四川省不同地区芋种质资源材料进行遗传多样性分析,结果表明,四川省的芋种质资源间也存在着较丰富的遗传多样性,聚类分析的结果同样与主要形态学性状分类基本一致,并对芋是由魁芋向多子芋再向多头芋进化的进化关系进行了解释,且与张志^[4]的观点是比较一致的。近年来,董红霞等^[30]利用 ISSR 分子标记技术,对国家种质武汉水生蔬菜资源圃收集并保存的 72 芋种质资源也进行遗传多样性分析,发现 ISSR 标记能够揭示芋种质资源之间较高的遗传多样性,与前人的研究结果不同的是该研究还发现分子标记的分类与形态学分类并不一致,建议在对芋种质资源进行标记时,可以将 ISSR 分子标记提供种质资源间的信息与形态学性状的描述相结合,这将更利于芋种质资源的

有效保护和科学利用。

3.3 水旱生理生态研究 黄新芳等^[31]通过对多子芋3个种群在水旱生态环境中的栽培进行比较,结果发现,由于多子芋在旱生环境中的单株母芋质量、单株子芋质量、单株孙芋质量、单株子芋孙芋总质量、单个子芋平均质量、单个孙芋平均质量、单个子芋孙芋平均质量均显著高于在水生环境中的相应值,因此多子芋更适宜旱栽;在品种群间,单株球茎质量和单株球茎数量在旱生环境中的差异较小,而在水生环境中的差异较大,尽管如此,它们的变异系数在水旱生态环境中一般都表现为曾孙芋>孙芋>子芋,单株球茎质量>单株球茎数量,其中,红紫柄品种群对水生环境的适应性最强,绿柄品种群的适应性最弱;无论是在水生环境还是在旱生环境,品种群间同级别单个球茎质量的差异不显著,品种群内单个球茎质量的变异系数表现为水生环境>旱生环境,曾孙芋>孙芋>子芋。

4 芋种质资源的评价和种质创新

4.1 芋种质资源的评价和筛选标准 为推动芋种质资源的深入研究、促进芋种质资源的信息交流和共享、提供优异种质资源的鉴定评价标准,规范评价方法十分必要,为此,国际植物遗传资源委员会于1999年制定发布了《Descriptor for taro》(《芋描述符》)。结合本国的实际,2006年,中国由武汉市蔬菜科学研究所主持编写了《芋种质资源描述规范和数据标准》。2012年,中国农业部委托武汉市蔬菜科学研究所和中国农业科学院茶叶研究所共同编制了农业行业标准《农作物种质资源鉴定评价规范 芋》;2013年,黄新芳等对这部农业行业标准编制的技术路线进行了研究,发表了《芋优异种质资源鉴定评价研究》^[22];之后,他们又提出了多子芋种质综合评价新方法——层次分析法,从品质性状、产量性状、生长特性3个方面,构建多子芋种质综合评价体系,确定了10个评价因子的权重值,其中单株子孙芋总质量、子孙芋平均质量、子孙芋形状所占比重较大,依据种质综合评价得分,将这些种质划分为优良种质、较优种质、一般种质和差种质4个等级,为筛选和利用适宜产业化生产的芋头品种提供理论依据^[32]。

黄新芳等^[33-35]通过对3个品种群多子芋的叶柄和芽色的多样性、芋形、商品性和生长动态的观察,总结出了与之相对应的规律,可以作为芋种质资源快速区分和筛选的标准。绿柄多子芋和红紫柄多子芋的芽为白色,乌绿柄多子芋的芽为淡红色,该规律同样适用于魁芋和多头芋。芋形以红紫柄多子芋的子孙芋芋形最好,卵圆形,且表皮棕毛少;绿柄多子芋和乌绿柄多子芋的子孙芋芋形较红紫柄多子芋差,其中,绿柄多子芋的子芋芋形一般为头大尾小的卵圆形,表皮棕毛较多;乌绿柄多子芋的子芋一般为长卵圆形至卵圆形,且表皮棕毛较多。3种类型的孙芋一般为卵圆形,且表皮棕毛少^[33]。商品性最好的是红紫柄多子芋,绿柄多子芋次之,乌绿柄多子芋最差^[34]。绿柄多子芋的熟性最早,红紫柄多子芋其次,乌绿柄多子芋最晚^[35]。

黄新芳等^[31]通过多子芋3个种群在水旱生态环境中

的栽培比较,再结合之前的研究结果,为多子芋的品种筛选给出了意见,多子芋3个种群中,红紫柄品种群最优,尤其是在实行水栽时,以选择红紫柄品种群为宜。在多子芋的品种筛选时,依次考虑的性状顺序应该是曾孙芋、孙芋、子芋。多子芋在实行旱栽品种筛选时,应重点考虑单株子芋孙芋总质量和单株子芋数量的差异;在进行水栽品种筛选时,应先考虑单株球茎质量的差异,后考虑单株球茎数量的差异,可不考虑单个球茎质量的差异。

干物质和淀粉是评价淀粉类作物的重要质量指标^[36],黄新芳等^[37]对206份芋种质资源的品质性状分析结果,可以作为芋优质种质资源评价的标准。干物质和淀粉含量都以魁芋最高,多子芋最低,主要表现为干物质含量魁芋>多头芋>魁子兼用芋>多子芋,淀粉含量魁芋>魁子兼用芋>多头芋>多子芋。根据母芋芽色的不同,不同类型品种间干物质和淀粉含量也会有所差异,魁芋中,干物质含量红芽魁芋>白芽魁芋,淀粉含量白芽魁芋>红芽魁芋;多头芋中,干物质、淀粉含量白芽多头芋>红芽多头芋;多子芋中,干物质、淀粉含量红芽多子芋>白芽多子芋。

4.2 芋种质资源的创新 芋的杂交育种困难,究其原因,主要由于多数芋品种在自然状况下很少开花,虽然陆绍椿等^[38]早在20世纪80年代采用赤霉素和短日照处理相结合的方法诱导芋开花获得成功,但利用有性杂交育种方法培育的芋新品种仍寥寥。目前中国主要采用系统选育和辐射诱变的方式进行新品种选育,其中采用⁶⁰Co辐射诱变的方式,分别选育出了芋新品种鲁芋1号和扬芋2号^[39-40],运用传统的系统选育法,分别育成了芋新品种鄂芋1号、金华红芽芋、扬芋1号、桂子芋1号、苏芋1号、苏芋2号、苏芋3号、泰芋1号、泰芋2号、泰芋一号等^[41-45]。

5 展望

中国是芋头的发源地之一,拥有非常丰富的芋种质资源,但是就现有的研究状况来看,对于这些芋种质资源的利用度明显不足,研究也不够深入。

研究的深度不够。需加强在形态学、生理生态学、细胞学、分子生物学方面的研究,目前对芋头的研究主要停留在形态学的观察和描述上,对于生理生态学、分子生物学和细胞学方面的研究虽也有报道,但相对较少,有的研究才刚开始,极大地限制了对芋种质资源的发掘和利用;加强种质创新,目前中国育成的品种报道的仅有3个,方法也主要集中于传统的系统选育和辐射诱变,但是芋头在自然界中的天然突变率极低,传统的系统选育并不是获得优良新品种的最快方法,虽然芋头杂交较困难,但是也不是完全不可能,目前国内已有针对芋头开花和开花后结实率低等方面的研究,国外也曾发现并获得过杂交种,可以尝试将杂交应用到芋头种质创新中,育成更多更好的优质新资源,投入产业化生产。

研究的广度不够。科研人员对芋种质资源研究没有足够的重视,芋头在中国种植范围虽广,但研究主要集中于云南、山东、武汉等地,无法获得较为全面和真实的芋种质资源信息,加强芋种质资源在其他区域内的研究,除信息的补充

外,或许可以发掘出更多优异的芋种质资源,为芋种质资源多样性的保存和深入研究提供信息资源。中国芋种质资源的种类很多,但是用于研究的却很少,研究主要针对在中国品种数量最多、种植面积最广、食用最普遍的多子芋,而对于魁芋、魁子兼用芋、多头芋,乃至其他种的芋种质资源的研究报道还很少,这也有碍其他芋种质资源的开发和生产投入,在今后的一段时间,加强对其他芋种质资源的研究力度刻不容缓。

从当前来看,中国对于芋种质资源的研究主要集中于如何发掘利用现有的芋种质资源,今后可以考虑从细胞学和分子的角度去探讨品种间主要性状遗传和变异发生的机理,为品种改良提供理论依据和方法。

参考文献

- [1] LI H,ZHU G H,BOYCE P C.Flora of China[M].Louis:Missouri Botanical Garden Press,2010:71-75.
- [2] 李雅臣,李德玉,吴寿金.芋头化学成分的研究[J].中草药,1995,26(10):555.
- [3] 云南省植物研究所.云南植物志:第2卷[M].北京:科学出版社,1979.
- [4] 张志.芋的起源、演变和分类[J].江西农业科技,1982(7):24-25,31.
- [5] 叶静渊.我国水生蔬菜的栽培起源与分布[J].长江蔬菜,2001(B08):4-12.
- [6] 沈镛,朱德蔚,李锡香,等.云南芋种质资源遗传多样性的 AFLP 分析[J].园艺学报,2005,32(3):449-453.
- [7] 向华,吴曼,胡志山,等.世界芋头生产布局与贸易格局分析[J].世界农业,2018(10):144-150.
- [8] 黄新芳,柯卫东,叶元英,等.我国芋种质资源研究进展.植物遗传资源学报,2005,6(1):119-123.
- [9] 张谷曼,杨振华.中国芋的染色体数目研究[J].园艺学报,1984,11(3):187-190.
- [10] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志:第13卷第2分册[M].北京:科学出版社,1979:68-741.
- [11] 李恒,魏兆祥.芋属新种——异色芋[J].云南植物研究,1993,15(1):16-17.
- [12] 李恒,龙春林.中国天南星科的初步修订[J].云南植物研究,1998(S1):12-23.
- [13] LI H, LONG C L. A new species of *Colocasia* (Araceae) from Mts. Gaoligong, China[J]. Feddes Repert, 1999, 110(5/6): 423-424.
- [14] LONG C I, LI H. *Colocasia gongii* (Araceae), a new species from Yunnan, China[J]. Feddes Repert, 2000, 111(7/8): 559-560.
- [15] LONG C L, LIU K M. *Colocasia lihengiae* (Araceae; Colocasiaceae), a new species from Yunnan, China[J]. Bot Bull Acad Sin, 2001, 42(4): 313-317.
- [16] CAO L M, LONG C L. *Colocasia bicolor* (Araceae), a new species from Yunnan, China[J]. Ann Bot Fennici, 2003, 40(4): 283-286.
- [17] 曹利民,龙春林.中国芋属植物染色体数目及5个种的核型报道[J].云南植物研究,2004,26(3):310-316.
- [18] YIN J T, LI H, XU Z F. *Colocasia menglaensis* (Araceae), a new species from southern Yunnan, China[J]. Ann Bot Fennici, 2004, 41: 223-226.

(上接第3页)

- [40] WEYHER A H, ROSS C, SEMPLE S. Gastrointestinal parasites in crop raiding and wild foraging *Papio anubis* in Nigeria[J]. Int J Primatol, 2006, 27: 1519-1534.
- [41] 侯意滢.猕猴结肠小袋纤毛虫(*Balantidium coli*)在猴群中感染情况的调查[J].动物学研究,1989,10(S1):151-155.
- [42] HAUSFATER G, MEADE B J. Alternation of sleeping groves by yellow baboons (*Papio cynocephalus*) as a strategy for parasite avoidance[J]. Primates, 1982, 23(2): 287-297.
- [43] TANTALEAN M, GOZALO A, MONTROYA E. Notes on some helminth parasites from Peruvian monkeys[J]. Lab Primate Newsl, 1990, 29: 6-9.
- [44] HUGOT J P. Primates and their pinworm parasites: The Cameron hypothesis revisited[J]. Syst Biol, 1999, 48(3): 523-546.

- [19] 芋属植物的种质资源研究获新进展[J].长江蔬菜,2005(4):47.
- [20] 李庆典.芋(*Colocasia esculenta*)民族植物学研究及遗传多样性分子评价[D].长沙:湖南农业大学,2004.
- [21] 黄新芳,柯卫东.芋种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [22] 黄新芳,柯卫东,刘义满,等.芋优异种质资源鉴定评价研究[J].长江蔬菜,2013(18):85-91.
- [23] 利容干.中国蔬菜植物核型研究[M].武汉:武汉大学出版社,1989:207-209.
- [24] 黄新芳,柯卫东,刘义满,等.芋种质资源染色体倍性鉴定[J].中国蔬菜,2012(16):42-46.
- [25] 陈文炳,张谷曼.中国芋酯酶同工酶类型及品种群分类[J].福建农业大学学报,1997,26(4):421-426.
- [26] 沈镛,朱德蔚,李锡香,等.用5种同工酶分析云南芋种质资源的遗传多样性[J].植物遗传资源学报,2004,5(3):239-246.
- [27] 龙雯虹,许明辉,张应华.云南芋头种质资源 RAPD 分子标记的初步研究[J].云南农业大学学报,2001,16(4):274-276,279.
- [28] 沈镛,朱德蔚,李锡香,等.云南芋种质资源遗传多样性的 RAPD 分析[J].植物遗传资源学报,2003,4(1):27-31.
- [29] 梁根云,刘独臣,刘小俊,等.利用 SRAP 标记分析四川省芋种质资源遗传多样性[J].植物遗传资源学报,2012,13(4):542-548.
- [30] 董红霞,柯卫东,黄新芳,等.基于 ISSR 标记的中国芋种质资源遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2014,15(2):286-291.
- [31] 黄新芳,柯卫东,李峰,等多子芋3个品种球茎质量和数量的差异显著性及变异性比较[J].植物遗传资源学报,2008,9(1):73-78.
- [32] 孙亚林,黄新芳,何燕红,等.运用层次分析法评价多子芋种质资源[J].华中农业大学学报,2015,34(1):16-22.
- [33] 黄新芳,柯卫东,叶元英,等.多子芋叶柄及芽色的多样性及芋形观察[J].中国蔬菜,2002(6):13-15.
- [34] 黄新芳,柯卫东,李双梅,等.3种类型多子芋生长动态的观察与比较[J].园艺学报,2006,33(1):161-163.
- [35] 黄新芳,柯卫东,叶元英,等.多子芋种质资源商品性比较研究[C]//全国蔬菜遗传育种学术讨论会论文集.北京:中国园艺学会,2002.
- [36] 刘独臣,李跃进,房超,等.四川芋种质资源球茎主要营养成分分析[J].长江蔬菜,2012(16):31-34.
- [37] 黄新芳,彭静,柯卫东,等.206份芋种质资源品质性状分析[J].植物遗传资源学报,2014,15(3):519-525.
- [38] 陆绍椿,李储学.诱导芋头开花的初步研究[J].莱阳农学院学报,1988,5(3):66-69.
- [39] 李储学,于翠芳,辛友人,等.高产优质芋头新品种鲁芋头1号的选育[J].山东蔬菜,1997(1):12-13.
- [40] LI C X, YU C F, HE Z C. Seed selection and utilization of Lu Taro No.1 [C]//ZHU D, EYZAGUIRRE P B, ZHOU M, et al. Ethnobotany and genetic diversity of Asian taro; Focus on China. Rome: IPGRI, 1998: 51-54.
- [41] 黄新芳,刘玉平,柯卫东,等.早中熟芋新品种鄂芋1号的选育[J].长江蔬菜,2011(16):55-56.
- [42] 陈淑玲,王凌云,郑赛生,等.芋新品种金华红芽芋的选育及其栽培技术探讨[J].园艺与种苗,2013,33(4):12-14,18.
- [43] 董伟清.粉香型多子芋新品种桂子芋1号[J].农村百事通,2019(24):35.
- [44] 黄金海,王全友.芋头新品种“泰芋1号”高产栽培技术[J].安徽农学通报,2016,22(19):55,72.
- [45] 王莹,姜永平,杨凯.香沙芋新品种“泰芋一号”脱毒组培技术研究[J].现代园艺,2015(24):7-8.

- [45] THRALL P H, ANTONOVICS J. Polymorphism in sexual versus non-sexual disease transmission[J]. Proc R Soc Lond B, 1997, 264: 581-587.
- [46] THRALL P H, ANTONOVICS J, DOBSON A P. Sexually transmitted diseases in polygynous mating systems: Prevalence and impact on reproductive success[J]. Proc R Soc Lond B, 2000, 267: 1555-1563.
- [47] BRACK M, RIETSCHEL W. Ivermectin for the control of *Strongyloides fulleborni* in rhesus monkeys[J]. Kleintierpraxis, 1986, 31(1): 29.
- [48] KARR S L JR, HENRICKSON R V, ELSE J G A. Survey for intestinal helminths in recently wild-caught *Macaca mulatta* and results of treatment with mebendazole and thiabendazole[J]. J Med Primatol, 1980, 9(3): 200-204.
- [49] 郑春福.丙硫苯咪唑驱除恒河猴肠道线虫的试验[J].畜牧兽医杂志,1993,12(4):28.