广东农业科学 2021，48（9）：81–90
Guangdong Agricultural Sciences DOI:10.16768/j.issn.1004–874X.2021.09.009

郭巨先，尹艳，唐康，李桂花，符梅，罗文龙，骆善伟，孙保娟．芋种质资源研究进展与展望[J]．广东农业科学，2021，48（9）：81–90.

芋种质资源研究进展与展望

郭巨先[1]，尹　艳[1]，唐　康[1,2]，李桂花[1]，符　梅[1]，罗文龙[1]，骆善伟[1]，孙保娟[1]

（1. 广东省农业科学院蔬菜研究所 / 广东省蔬菜新技术研究重点实验室，广东 广州 510640；
2. 华南农业大学园艺学院，广东 广州 510642）

摘　要：芋作为一种重要的粮菜兼用作物，是世界上分布最广的作物之一，被称为第五大根茎作物，具有重要的食疗和医疗价值，近年来芋产业的发展对促进市县农业发展和农民增收起到重要作用，对芋种质资源保护和利用的研究也越来越受到重视。从芋的起源与分布，芋种质资源的收集、保存与分类，芋种质资源的遗传多样性研究，芋种质资源创新与新品种选育，芋的病害研究，以及芋头的利用及功效研究等方面进行了综述，分析了目前芋种质资源研究存在的问题并提出展望。芋头的种植面积、产量和产值保持总体上升的趋势，但是优异种质鉴评技术与基础研究较薄弱，芋种质创新工作不够深入，芋生产上病害严重的问题尚未得到解决，生产上缺乏抗病品种，杂交育种尚处于起步阶段。提出应进一步加强芋种质资源的收集保存和创新利用研究、大力推广芋脱毒种苗的生产应用、加快开展芋连作障碍研究和芋杂交新品种选育等对策。

关键词：芋；种质资源；起源；遗传多样性；种质创新

中图分类号：S635.9　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1004–874X（2021）09–0081–10

Research Progress and Prospect of *Colocasia esculenta* Germplasm Resources

GUO Juxian[1], YIN Yan[1], TANG Kang[1,2], LI Guihua[1], FU Mei[1],
LUO Wenlong[1], LUO Shanwei[1], SUN Baojuan[1]

（1.*Vegetable Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences / Guangdong Key Laboratory for New Technology Research of Vegetables, Guangzhou* 510640, *China;*
2. *College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*）

Abstract: As an important food and vegetable crop, taro（*Colocasia esculenta*）is one of the most widely distributed crops in the world. It is called the fifth largest root crop and has important therapeutic and medical value. In recent years, the development of taro industry plays an important role in promoting the agricultural development of cities and counties and increasing farmers' income. More and more attention has been paid to the protection and utilization of taro resources. This paper reviews the origin and distribution of taro, the collection, preservation and classification of taro resources, the genetic diversity of taro resources, the innovation of taro resources and the breeding of new varieties, the research on taro diseases, and the utilization and efficacy of taro. The problems existing in the research of taro resources are analyzed and the prospect is put forward. It is pointed out that the planting area, yield and output value of taro have maintained an overall upward trend,

收稿日期：2021–07–31

基金项目：广东省乡村振兴战略专项资金（农业科技提升项目）（403–2018–XMZC–0002–90）；广东省蔬菜新技术重点实验室开放基金（201906）；韶关市科技计划项目（200819094530270）

作者简介：郭巨先（1970—），女，硕士，研究员，研究方向为特色蔬菜资源利用，E–mail：823522867@qq.com

通信作者：孙保娟（1976—），女，博士，研究员，研究方向为蔬菜资源与分子生物学，E–mail：395451985@qq.com

however, there are defects in the evaluation technology and basic research of excellent germplasms, and the innovation of taro germplasm has not been done thoroughly, the problems of serious diseases in production have not yet been resolved, there is a lack of disease-resistant varieties in production, and crossing breeding is still in its infancy. It is proposed that the researches on the collection, preservation and innovative utilization of taro resources should be further strengthened, the application of taro virus-free seedlings should be promoted in production, and the researches on obstacles in taro continuous cropping and the breeding of new taro hybrid varieties should be accelerated.

Key words: *Colocasia esculenta*; germplasm resources; origin; genetic diversity; germplasm innovation

芋〔*Colocasia esculenta*（L.）Schott〕俗称芋艿，又名山芋、芋禾、青芋、土芝、毛芋等，属于天南星科，是热带亚热带地区广泛栽培的作物，原产于中国、马来西亚、印度等国家[1-2]。目前，芋广泛种植于热带亚热带地区。我国各地均有芋栽培，以珠江流域栽培最多，长江流域次之，北方较少。芋通常一年生栽培，一般以地下块茎作为粮食或蔬菜。全球至少有5亿人以芋为粮食或蔬菜进行食用[3]。芋头块茎富含维生素、膳食纤维、淀粉、非淀粉多糖及其他功能成分。现代医学研究表明，芋不仅在延缓衰老、防治心血管疾病等方面发挥作用，而且能增强细胞免疫和体液免疫功能，降低人们罹患直肠癌的机率，因此，芋具有重要的食疗价值和医疗价值。块茎可提取淀粉或作保健食品，在工业上具有重要的经济价值。我国是世界上除非洲以外的第二大芋消费地区，受主要产区自然条件以及芋生物学特性限制，每年4、5月市场供应稀缺，价格高或有价无市。芋的花形为天南星科特有的佛焰花序，自然状态下花期短且不规律，受环境变化影响较大，且芋栽培品种基本均为一年生无性繁殖，无法结实，这为芋种质资源的收集造成巨大阻碍[4]。同时，在芋无性繁殖过程中，随着体细胞的突变，拥有相同遗传背景的芋栽培品种在形态上也会表现出差异，导致地方品种十分丰富[5]。由于表型多样性丰富，基于全基因组分子特征的芋遗传多样性的信息又很少，因此，探究芋的种质资源和遗传多样性往往需要各地科研工作者广泛合作。近年来随着芋种植面积的增加，芋产业对农业发展和农民增收起到了重要作用。因此，开展芋种质资源的研究，有利于芋资源的保护、创新和利用，对改良芋品种具有重要意义。本文通过对芋种质资源的相关研究进行综述，以期为芋种质资源保护、资源评价与利用提供参考。

1 芋的起源与分布

1.1 芋的起源

针对芋的起源中心，不同学者有不同的观点，一般认为芋起源于印度至马来西亚的东南亚地区，而Plucknett认为芋起源于缅甸和孟加拉国之间，还有一些学者认为起源于非洲[3-5]。李庆典等[6]通过相关的民族植物学证据表明，芋可能起源于中南亚的印度或马来半岛，野生种则起源于东南亚各地区，然后向东至东南亚扩散，接着到中国、日本和太平洋群岛等区域。Lebot等[7-8]研究发现，亚洲和大洋洲的芋品种可能分别存在两种独立的驯化过程，太平洋地区的大多数芋品种并非由印度和马来西亚的第一批定居者带来，很可能是太平洋群岛的野生芋资源驯化而来。

1.2 芋的分布

1.2.1 *种植情况* 芋广泛种植于较潮湿的热带亚热带地区，芋在非洲、亚洲、大洋洲和美州均有种植，但主要集中在非洲和亚洲[9]。芋在太平洋群岛的栽培强度和饮食贡献率最高，非洲西部的种植面积最大、产量也最高；加勒比海和亚洲几乎所有湿润半湿润地区也有大量芋种植。芋对环境的适应能力强，受气候变化影响小，因此在非洲经济落后国家种植面积占比高。

根据联合国粮食及农业组织（FAO）统计，1961年世界芋种植面积为75.8万hm^2，2015年世界芋种植总面积达近年来最大、为172.1万hm^2，比1961年增加约96.3万hm^2、增长127%。1999—2019年期间，世界芋种植面积呈现先平缓增长（1999—2007年）、后大幅下降（2008—2011年）、再大幅回升（2012—2019年）的变化趋势（图1）。就区域而言，非洲种植的芋面积最大，2019年为175.63万hm^2，占世界总面积的89.7%；其次是亚洲14.97万hm^2，占世界总面积的7.6%；再次为大洋洲4.65万hm^2，占世界总面

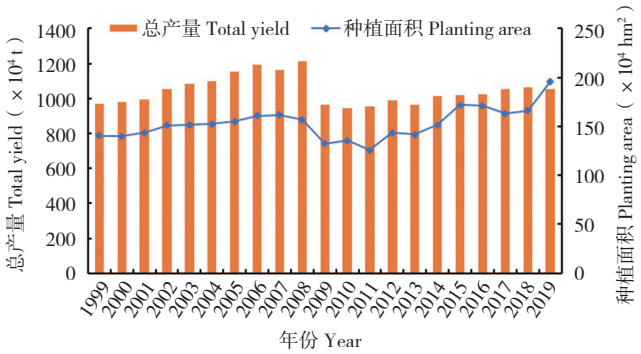


图 1　1999—2019 年世界芋种植面积及总产量

Fig. 1　Planting area and total yield of taro in the world from 1999 to 2019

积的 2.4%；美洲种植面积较少（0.52 万 hm^2），占比仅 0.3%。2019 年世界芋种植面积排名前五的国家依次为尼日利亚、加纳、喀麦隆、中国和科特迪瓦，分别为 99.46 万、23.20 万、23.08 万、9.86 万、6.94 万 hm^2，以上五国芋种植总面积为 162.5 万 hm^2，占世界芋种植总面积的 83.0%。

1.2.2　*总产量和平均单产情况*　1961 年以来，世界芋总产量以 1978 年最低（399.2 万 t），2008 年总产量最高（1 214.9 万 t）、比 1978 年增长 200%。如图 1 所示，2009—2019 年 10 年间，世界芋总产量变化不明显，基本在 1 000 万 t 上下浮动；2014—2019 年 6 年间，世界芋总产量稳中有升，2019 年达 1 054 万 t。

世界芋平均单产以 2008 年最高（7 756.5 kg/hm^2），1984 年最低（4 107.0 kg/hm^2）。由图 2 可知，在目前世界种植面积前五的国家中，1999—2019 年期间，中国年均单产最高，为 18 468 kg/hm^2；世界芋最大种植国尼日利亚年均单产为 5 927 kg/hm^2；位列第 3、第 4 的加纳和喀麦隆年均单产分别为 6 566、7 455 kg/hm^2；位列第 5 的西非国家科特迪瓦年均单产 1 302 kg/hm^2。

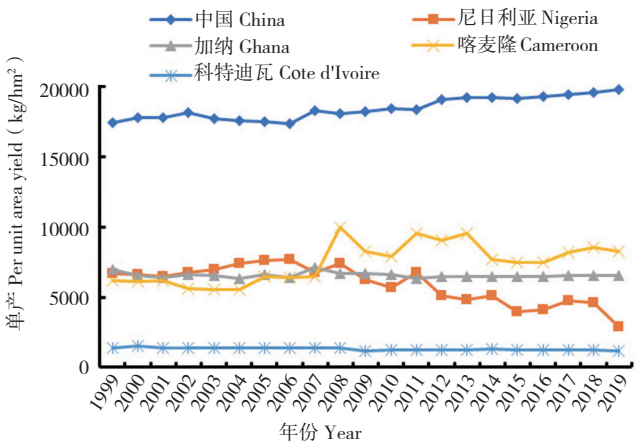


图 2　世界芋种植面积前五名国家的芋头单产比较

Fig. 2　Comparison of per unit area yield of taro in the top five countries in the world for taro cultivation

2　芋种质资源的收集、保存与分类

2.1　芋种质资源的收集与保存

我国芋栽培历史悠久，至今已有 2 300 多年，且自然生态多样性高，使得我国芋品种资源较为丰富，全国多个地区建立了芋资源的离体和活体保存体系。1991 年，Lebot 等[8]报道从亚太地区 20 多个国家和地区收集芋资源 2 000 份；2006 年，Mace 等[10]报道从大洋洲 10 个国家收集了 2 199 份芋种质资源。戴修纯等[11]研究表明，截至 1997 年福建农学院（现名福建农林大学）收集了 177 份芋种质资源；截至 2013 年，武汉市蔬菜科学研究所共收集保存我国及印度、东南亚各国的芋种质资源 400 多份；截至 2015 年，中国科学院昆明植物研究所收集保存了芋属资源 100 多份；截至 2015 年，江苏省农业科学院经济作物研究所和扬州市农业科学研究院等单位引进和保存的芋地方农家品种种质资源达 281 份；截至 2020 年，广西农业科学院收集了 112 份芋种质资源；截至 2020 年，广东省农业科学院蔬菜研究所共引进和保存芋种质资源 200 多份。

2.2　芋种质资源的分类

芋主要以无性繁殖为主，表型多样性丰富，使得芋品种也十分丰富，世界各地有超过 10 000 个地方品种，不同芋品种间形态各具特色[3]。早期分类学家根据不同的芋头形态，将芋分为 2 个类型：*C. esculenta* var. esculenta（俗称 dasheen）和 *C. esculenta* var. antiquorum（俗称 eddoe）。其中，dasheen 型芋有一个大的中心球茎，eddoe 型芋中间球茎则较小，这两个品种虽然表型差异较大，但基因型差别很小。Lakhanpaul 等[12]将收集到的 32 份印度 dasheen 和 eddoe 的变异种进行 RAPD 分析，结果发现无法通过遗传标记来区分这两种表型。

张志[13]根据食用器官的不同，将芋的品种分为叶柄用芋和球茎用芋两种。Xu 等[14]按利用部位形态的不同，将芋分为以下 5 个类型：（1）花用芋：花序肥大、可食用；（2）单母茎芋：主要产品为单个大球茎；（3）多球茎芋：新生球茎大于母茎；（4）多球茎芋：新生球茎小于

母茎；（5）柄用芋：主要食用部位为叶柄，常加工成泡菜。黄新芳等[15]将球茎用芋分为魁芋类、魁子兼用芋类、多子芋类和多头芋类四大类，将多子芋的红紫柄副型又划分为红紫柄种群和乌绿柄种群，并且明确了叶柄颜色与芽颜色的相关性。李庆典等[6]根据芋的形态学观察以及 RAPD 分子标记，建议从芋的主食器官类型将芋分为花茎用芋变种、叶用芋变种和球茎用芋变种三大类，组成芋种下 3 个变种的园艺学分类系统；以上 3 种芋形态又根据叶柄和芋的颜色分成若干副型，如球茎用芋根据芋头形态可分为魁芋、多子芋和多头芋，多子芋又可根据生长习性分为水芋、旱芋和水旱芋。

3 芋种质资源的遗传多样性研究

3.1 芋种质资源的细胞学研究

细胞学研究表明，芋存在二倍体形式（2n=2x=28）和三倍体形式（2n=3x=42）。Tahara 等[16]利用同工酶对云南和尼泊尔的芋种质资源进行分析，证实三倍体芋的同源多倍体性质，为“三倍体由二倍体进化而来”的理论提供了支持。张谷曼等[17]研究表明，魁芋为二倍体（2n=2x=28），魁子兼用芋为三倍体（2n=3x=42），多子芋、多头芋为三倍体（2n=3x=42）。黄新芳等[18]在芋种质资源研究中检测到魁芋为二倍体（2n=2x=28），多头芋、魁子兼用芋为三倍体（2n=3x=42）；多子芋一般为三倍体（2n=3x=42），但我国的白芽乌绿柄和来自印度的绿柄多子芋也存在二倍体（2n=2x=28）；我国的多头芋均为三倍体（2n=3x=42），尚未检测到二倍体（2n=2x=42）多头芋，而日本的多头芋中，姜芋为三倍体（2n=3x=42），九头芋（芽白色）为二倍体（2n=2x=28）。

研究表明，芋的倍性与其地理分布密切相关，在亚洲二倍体芋和三倍体芋中均有证实。太平洋群岛的芋基本都是二倍体，我国南方各省为二倍体芋和三倍体芋的主要分布区，而中部及华北地区为三倍体芋分布区。相比二倍体，三倍体芋多出来的一组染色体使其适应高海拔或高纬度的生存环境，也是二倍体和三倍体芋呈区域性分布的原因。三倍体芋的分布比例不但随纬度的增高而增加，且随海拔的升高而增加[19]。

3.2 芋种质资源遗传多样性的分子生物学研究

20 世纪末，国内外就已开展芋种质资源遗传多样性的分子标记研究。Irwin 等[20]利用随机扩增多态性 DNA（RAPD）标记筛选芋种质，发现亚洲品种与太平洋品种的遗传距离较远。Kreike 等[21]利用扩增片段长度多态性（AFLP）标记研究来自 7 个国家的 255 份芋种质资源的多样性，结果显示来自亚洲国家和太平洋地区的材料分别聚为两个不同的群体。Singh 等[22]利用 7 对简单重复序列（SSR）引物对巴布亚新几内亚的 859 个芋种质资源进行聚类分析，并与其农艺性状分类法的结果相比较，以保护当地的芋种质资源。Chair 等[23]利用 11 个 SSR 标记研究来自亚洲、非洲、美洲以及太平洋地区等 19 个国家的 357 个芋种质资源的多样性，发现亚洲种质的遗传多样性最高。孙亚林等[24]通过特定长度扩增片段测序（SLAF-seq）鉴定了 132 869 个单核苷酸多态性（SNP）标记，对我国 234 份三倍体芋种质资源的遗传多样性进行了分析，建立一套可以在芋头苗期进行鉴定的分子标记辅助选择技术。

Liu 等[25]通过从叶片和组织中提取 mRNA，利用高通量测序技术（HTS）进行测序，建立了参考转录组，并对芋重要代谢途径淀粉合成途径的候选基因进行了 RT-PCR 分析，这个转录组为相关基因表达和基因组研究搭建了重要的信息平台。Yin 等[26]组装一个高质量的染色体水平的芋基因组，组装基因组大小为 2.4 Gb；基于 769 个基因的系统发育分析发现，芋和浮萍在约 7 323 万年前发生分化；共线性分析表明，在芋中存在两个全基因组复制事件。

4 芋种质资源的创新与品种选育

4.1 芋的传统育种技术

芋在生产上多采用无性繁殖的方式生产种苗，与其他蔬菜相比，芋的育种工作相对落后，各地芋主栽品种大多为农民通过自然选择而形成的地方品种，目前我国通过国家地理标志产品保护的芋品种有 18 个。近年有少量人工选育的新品种，主要通过地方品种系统选育、芽变选育或辐射诱变获得。多子芋为三倍体，减数分裂时不能产生正常配子，正常情况下不能通过有性杂交产生后代，大多通过自然变异或诱变选择变异单株，再通过系统选育新品种。我国近年报道通过诱变

选育出的芋新品种有鲁芋1号和扬芋2号；从农家品种自然变异单株系统选育出的有汀芋1号、鄂芋1号、鄂芋2号、苏芋1号、苏芋2号、苏芋3号、泰芋1号、泰芋2号、扬芋1号、扬芋2号、金华红芽芋等新品种[11]。

4.2 芋的诱导开花与杂交育种

20世纪70年代，人们发现赤霉素（GA_3）处理能诱导芋植株开花，通过调控花期可使亲本同步开花，由此开辟现代芋杂交育种研究[4]。Miyazaki等[27]研究不同GA_3处理方法对芋诱导开花效果，结果表明1 500 mg/L GA_3水溶液中添加0.25%表面活性剂进行叶面喷施诱导开花效果最好、花期长。武汉市水生蔬菜研究所是我国最早开展芋杂交育种的科研单位，黄新芳等[28]研究发现只有紫柄芋可自然开花结实，魁芋需经人工诱导才能开花结实，魁子兼用芋、多头芋要通过人工诱导及加倍处理才开花结实。孙亚林[29]采用250、500 mg/L GA_3喷施叶片均能有效诱导槟榔芋开花，且未出现畸形花序，表明250~500 mg/L GA_3浓度适宜诱导槟榔芋开花。刘独臣等[30]发现GA_3处理浓度在200~1 000 mg/L时均可促进魁芋植株分蘖、诱导植株开花，其中诱导芋开花最适浓度为200 mg/L，开花诱导率达60%，诱导花穗生长正常。

芋开花诱导的成功为我国芋种质资源创新提供了更加有效的途径，加快了芋杂交育种的步伐。在成功诱导芋开花的基础上，武汉市水生蔬菜研究所通过杂交方法成功选育出槟榔芋新品种汉青红（申请号：20191005598）。黄伟华等[31]通过杂交方法成功获得芋种子，经无菌播种繁育后种苗已进入试验栽培阶段。

4.3 芋的组织培养

农户种植芋通常采用传统的分株方法进行留种，这种无性繁殖的方式不仅繁殖系数低，而且容易积累病毒，导致芋头产量和品质下降，因此，如何提高芋种苗的繁殖系数和脱除种芋的病毒、进而提高芋头的产量和品质是生产上亟待解决的问题[32]。Hartman等[33]1974年报道了利用芋茎尖培养的方法成功获得脱除芋花叶病毒的脱毒苗，之后大量科学家开展了芋组培脱毒的技术研究，芋组培脱毒技术越来越成熟，通过添加不同组合的外源激素或氨基酸，培养基配方也在不断完善，组织培养成为芋种质资源实现脱毒的主要方式。通过在MS培养基中添加BAP、GA_3、NAA、6-BA、苯甲酸等，均可获得长势较好的芋组培苗[34]。Yam等[35]研究发现，芋腋芽在1/2MS培养基上培养时，添加芋球茎提取物和椰子汁等有机物易获得愈伤组织，且有利于组培苗生根，组培苗再生频率高。刘星月等[36]研究表明脱毒红芽芋比未脱毒红芽芋增产43.14%，营养品质指标存在显著差异，脱毒子芋的淀粉、纤维素含量显著高于未脱毒子芋，而其可溶性蛋白、可溶性总糖、还原性糖含量显著低于未脱毒子芋。脱毒试管芋的诱导形成及植株再生体系的建立为芋健康种苗的快速繁殖和芽变选育新品种提供了一条新途径。杭玲等[37]利用荔浦芋单株的茎尖离体培养筛选培育的优良品种桂芋1号，比对照种荔浦芋增产20%~25%。董伟清等[38]从桂芋1号组培苗后代中筛选出优良芽变单株，培育出更晚熟的品种桂芋2号，比对照种桂芋1号增产11.1%；该课题组通过贺州红芽芋茎尖组织培养芽变选育出桂子芋1号，比对照种贺州红芽芋增产14.2%[39]。

5 芋的主要病害研究

芋的主要病害有疫病、花叶病、软腐病、细菌性斑点病、污斑病等，芋种植田间发生病害引起芋头产量、品质严重下降，已成为芋种植的最大问题。其中，疫病（由卵菌疫霉引起）是芋生产和存储过程中的一种主要病害，可引起芋头球茎腐烂、品质下降，严重时可使球茎减产25%~30%甚至绝收，20世纪初以来陆续有文献记载芋头疫病暴发[40-43]。花叶病也是在全球范围内传播比较广泛的芋头病害，崔瑾等[44]对建昌红梗芋和福鼎槟榔芋花叶病及其病原病毒的调查表明，侵染芋最多的是芋花叶病毒（Dasheen mosaic virus，DMV）；高利利等[45]报道，我国山东芋头主产区DMV的检出率为55.9%，在山东省芋主栽区发生普遍；施世明等[46]对侵染我国芋的杆状DNA病毒分子进行鉴定及特异性检测，检测到杆状DNA病毒属的一个新种。芋软腐病的发生也非常普遍，Huang等[47]报道在我国广东韶关地区软腐病发病率可高达30%，受软腐病侵染的芋块根有水浸状病斑、边缘有深褐黑色、发出腐臭味，这在无外部症状的块根中也有发现。何毓光[48]研究表明，我国福建宁德地区芋污斑

病病株率在 30% 左右，管理措施不当的田块株发病率高达 95% 以上。

随着芋病害发生越来越严重，对芋病害的防治研究也引起了更多重视，目前芋病害主要通过喷施杀菌药剂进行防治。Manju 等[49]研究表明，较低浓度（0.33%、0.27%）的氧化铜（600 g）– 甲霜灵（120 g）可有效防治田间芋疫病。黄海祥等[50]研究发现，施用沼肥处理较对照（氮磷钾复合肥）可降低槟榔芋疫病和软腐病发生，同时可提高槟榔芋产量，其中以施用 45 000 kg/hm² 沼渣 +75 000 kg/hm² 沼液处理效果最好，对芋疫病、软腐病的抗病效果分别为 37.95% 和 49.81%。谢昀烨等[51]通过 7 种药剂灌根的方式对芋球茎腐烂进行防治，结果表明 41.7% 氟吡菌酰胺和 42.8% 氟菌・肟菌酯的防治效果较好，防效达 94.5% 和 93.4%；其次为 3.2% 阿维菌素和 30% 腈吡螨酯，防效分别为 87.5% 和 85.5%。董晓菲等[52]开展槟榔芋软腐病生物防治研究，筛选得到菌株藤仓镰刀菌 CAF–H001、塔宾曲霉 CAF–L002 等两株具有较好防治效果的菌株。杨爱国等[53]研究表明，用 50% 嘧菌酯・噻唑或 25% 咪鲜胺对种芋进行消毒处理，可有效杀灭种芋上的干腐病、疫病和软腐病病原菌，且增产效果明显，生产上可进一步示范推广。国内外已有芋疫病抗性的鉴定报道，Yumnam 等[54]研究表明 AsA–GSH 循环可以作为选择芋疫霉抗性的可靠参数，可作为筛选抗病材料的重要指标。但至今还未见抗疫病芋品种。

6 芋头的利用与功效研究

6.1 芋头的利用

芋头的利用以鲜食和加工为主。在世界上芋种植面积最大的国家尼日利亚，芋头是重要的食物之一，也用作饲料和工业原料，芋头的淀粉经过物理、化学或酶法处理改性，被广泛应用于食品、造纸和纺织工业领域。在南太平洋岛国，芋头是当地居民膳食中碳水化合物的主要来源；在夏威夷，芋头是土著居民的主食之一，芋头被加工成芋泥再经发酵后食用，被认为是体现民族认同感的重要食物；在西萨摩亚，芋头被加工成芋头粉，被调制成婴儿辅食。在印度，芋头受到人们广泛青睐，常被加入到咖喱等食品中。在巴西，芋泥和玉米粉混合用来制作面包。在菲律宾，芋头被油炸加工成芋头酥片。

在现代商业中，芋头食品开发方面研究较多，芋头作为重要辅料广泛用于面包、蛋糕、冰激凌、固体饮料、酸奶、肉丸、重组米等食品中[55–56]。除主要利用淀粉外，芋头还可用于制醋、酿酒、分离蛋白质、提取生物碱等。芋头叶柄是优良的膳食纤维资源，约占芋质量的 30%，在我国一些地区被制作成腌菜。芋叶粗蛋白含量较高，是一种潜在的蛋白质饲料资源。芋秸杆可用于高温堆肥；芋种植对养殖场沼液具有一定的消纳作用，可用于生态循环养猪的配套种植。

6.2 芋头的功效

芋头中含有丰富的淀粉、膳食纤维、多糖、维生素和矿物质元素，不仅可食用，还具有宽肠胃、补脾胃、腹中癖块、消痨散结等作用，主治肿毒、牛皮癣、烫火伤等症[57]。芋头中蛋白质含量平均值为 9.3%，含有多种人体必需氨基酸。芋头蛋白质主要以胶质粘液的形态存在，被人体吸收后能产生免疫球蛋白（或称抗体球蛋白），可以提高人体抵抗力，故中医认为芋艿能解毒，对人体的痈肿毒痛（包括癌毒）有抑制消解作用，可用来防治肿瘤、淋巴结核等病症。芋头能增强人体免疫功能，可作为防治癌瘤的常用药膳主食。在癌症手术或术后放疗、化疗及其康复过程中，芋头有辅助治疗的作用；早期研究报道认为其主要功效与含有花青苷、甾醇和过氧化氢酶等活性成分有关，特别是其中丰富的多糖可能具有重要作用。赵国华等[58]报道芋头中含有水溶性多糖，且富含杂聚糖，芋头中的一种中性多糖能增强小鼠的体内免疫活性，具有良好的体外抗氧化性。吴小卿等[59]研究表明，从槟榔芋芋梗中提取的生物碱对金黄色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌、大肠杆菌、沙门氏菌有明显的抑制作用。

7 展望

近年来，虽然芋的种植面积一直在增加，芋头总产量和总产值保持逐步增长的趋势，各地学者对芋种质资源开展了相关研究，但是其研究与开发程度却还处于起步阶段，各地对芋种质资源的保护意识也不强，芋种质资源的创新和利用研究都不够深入，创新的资源和新品种都很少。芋基因组较大，基因组测序组装完成为种质资源鉴评、重要性状分子标记、重要功能基因挖掘提供

了重要保障。在此基础上，重测序技术在芋遗传学分析中的使用，有助于对芋种质资源进行收集保护，开展更多芋分子基础研究，创制更多优异资源。

在生产上，芋种植户大多采用块茎繁殖，由于长期的无性繁殖导致种苗病菌积累，出现品种种性退化、抗性差、产量低等问题，严重影响了芋头产品品质。由于脱毒芋头种苗的产量和抗性均较未脱毒种苗大幅提高，因此应加强芋脱毒种苗的繁育和普及，建立芋脱毒快繁体系，培育优质芋种苗。同时，由于芋农连年种植，导致土壤理化性质变劣、土壤营养元素失衡和土壤微生物群落变化等连作障碍问题，田间病害也因长期在同一块田地连作栽培严重积累，发病的田块损失产量达到 80% 以上。应加快开展针对芋田连作障碍的机理和芋头提质增效栽培技术研究，加强微生物菌等新型肥料和芋头专用肥料的研发以及在芋生产中的应用，解决农民长期栽培芋头引起的田间病害难题。

目前，芋的杂交育种处于起步阶段，大部分品种仍为自然变异选择而成，生产上缺乏抗病育种。下一步应加强开展芋杂交育种的相关课题，针对杂交育种出现的花粉保存、花期调控等问题开展研究，解决杂交育种过程中花期不遇的问题，以选育抗病优质的芋品种，促进芋头产业的发展。

参考文献（References）：

[1] DENHAM T P, HABERLE S G, LENTFER C, FULLAGAR R, FIELD J, THERIN M, PORCH N, WINSBOROUGH B. Origins of agriculture at Kuk Swamp in the highlands of New Guinea[J]. *Science*,2003, 301(5630):189–193. DOI: 10.1126/science.1085255.

[2] 黄新芳, 柯卫东, 叶元英, 李双梅 . 中国芋种质资源研究进展[J]. 植物遗传资源学报 ,2005,6(1): 119–123. DOI:10.3969/j.issn.1672–1810.2005.01.025.
HUANG X F, KE W D, YE Y Y, LI S M. Research progress of taro germplasm resources in China[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2005(1): 119–123. DOI:10.3969/j.issn.1672–1810.2005.6(1).025.

[3] BANJAW D T. Review of taro(*Colocasia esculenta*) genetics and breeding[J]. *Journal of Horticulture,* 2017,4(1):1–4. DOI:10.4172/2376–0354.1000196.

[4] 伊廷双, 李恒, 李德铢.天南星科分类系统的沿革[J].武汉植物学研究, 2002,20(1):48–61. DOI:10.3969/j.issn.2095–0837.2002.01.010.
YI T S, LI H, LI D Z. The course of change and development of the classification systems of the araceae[J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2002,20(1):48–61. DOI:10.3969/j.issn.2095–0837.2002.01.010.

[5] KURUVILLA K M, SINGH A. Karyotypic and electrophoretic studies on taro and its origin[J]. *Euphytica*, 1981, 30(2): 405–413. DOI:10.1007/BF00034004.

[6] 李庆典, 杨永平, 李颖, 周清明 . 中国芋种质资源的遗传多样性及分类研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004(5):424–428. DOI:10.3321/j.issn:1007–1032.2004.05.007.
LI Q D, YANG Y P, LI Y, ZHOU Q M. Genetic diversity and taxonomy of Chinese arum germplasm[J]. *Journal of Hunan Agricultural University*(*Natural Science Edition*), 2004(5):424–428. DOI:10.3321/j.issn:1007–1032.2004.05.007.

[7] LEBOT V, IVANCIC A, ABRAHAM K. The geographical distribution of allelic diversity, a practical means of preserving and using minor root crop genetic resources[J]. *Experimental Agriculture*, 2005, 41(4):475–489. DOI:10.1017/S0014479705002875.

[8] LEBOT V, ARADHYA K M. Isozyme variation in taro〔*Colocasia esculenta*(L.) Schott〕from Asia and Oceania[J]. *Euphytica*, 1991, 56(1):55–66. DOI:10.1007/BF00041744.

[9] 向华, 吴曼, 胡志山, 宗义湘, 赵邦宏 . 世界芋头生产布局与贸易格局分析[J]. 世界农业 ,2018,474(10):144–150.DOI:10.13856/J.CN11–1097/S.2018.10.021.
XIANG H, WU M, HU Z S, ZHONG Y X,ZHAO B H. Analysis of the world's taro production layout and trade pattern[J]. *World Agriculture*,2018,474(10):144–150. DOI:10.13856/J.CN11–1097/S.2018.10.021.

[10] MACE E S, MATHUR P N, IZQUIERDO L, HUNTER D, GODWIN I D. Rationalization of taro germplasm collections in the Pacific Island region using simple sequence repeat(SSR) markers[J]. *Plant Genetic Resources*, 2006, 4(3): 210–220. DOI:10.1079/PGR2006125.

[11] 戴修纯, 罗燕羽, 黄绍力, 刘绍钦, 曹健松 . 广东省芋头产业现状与发展对策[J]. 广东农业科学, 2021,48(6):126–135. DOI:10.16768/j.issn.1004–874X.2021.06.017.
DAI X C, LUO Y Y, HUANG S L, LIU S Q, CAO J S. Present situation and development countermeasures of taro industry in Guangdong province[J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2021,48(6):126–135. DOI:10.16768/j.issn.1004–874X.2021.06.017.

[12] LAKHANPAUL S, VELAYUDHAN K C, BHAT K V. Analysis of genetic diversity in India taro〔*Colocasia esculenta*(L.) Schott〕using random amplified polymorphic DNA(RAPD) markers[J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2003, 50: 603–609. DOI:10.1023/A:1024498408453.

[13] 张志 . 芋的起源、演变和分类[J]. 江西农业科技, 1982(7): 24–25.
ZHANG Z.Origin, evolution and classification of taro[J]. *Jiangxi Agricultural Science and Technology*, 1982(7): 24–25.

[14] XU J C, YANG Y P, PU Y D, AYAD W G, EYZAGUIRRE P B. Genetic diversity in taro(*Colocasia esculenta* Schott, Araceae) in China: An ethnobotanical and genetic approach[J]. *Economic Botany*, 2001, 55

(1):14–31. DOI:10.1007/BF02864543.

[15] 黄新芳, 柯卫东, 叶元英, 李双, 梅彭静. 多子芋叶柄及芽色的多样性及芋形观察[J]. 中国蔬菜, 2002(6):14–16. DOI:10.3969/j.issn.1000–6346.2002.06.006.
HUANG X F, KE W D, YE Y Y, LI S, MEI P J. Diversity of petiole and bud color and observation of taro shape in taro[J]. *China Vegetables*, 2002(6): 14–16. DOI :10.3969/j.issn.1000–6346.2002.06.006.

[16] TAHARA M, NGUYEN V X, YOSHINO H. Isozyme analyses of Asian diploid and triploid taro, *Colocasia esculenta* (L.) Shott[J]. *Aroideana,* 1999,22(1): 72–78.

[17] 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.
ZHANG G M, YANG Z H. Studies on chromosome number of main cultivars of *Colocasia esculenta* in China[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 1984,11(3):187–190.

[18] 黄新芳, 柯卫东, 刘义满, 叶元英, 李双梅, 彭静, 刘玉平, 李峰. 芋种质资源染色体倍性鉴定[J]. 中国蔬菜,2012(16):42–46.
HUANG X F, KE W D,LIU Y M, YE Y Y, LI S M, PENG J, LIU Y P, LI F. Chromosomal ploidy identification of Taro (*Colocasia*) germplasm resources[J]. *China Vegetables*, 2012(16):42–46.

[19] EBERT A W, WAQAINABETE L M. Conserving and sharing taro genetic resources for the benefit of global taro cultivation: A core contribution of the centre for pacific crops and trees[J]. *Biopreservation and Biobanking*, 2018, 16(5): 361–367. DOI: 10.1089/bio.2018.0017.

[20] IRWIN S V, KAUFUSI P, BANKS K, PEÑA R DE LA, CHO J J. Molecular characterization of taro (*Colocasia esculenta*) using RAPD markers[J]. *Euphytica*, 1998, 99(3): 183–189. DOI:10.1023/A:1018309417762.

[21] KREIKE C M, ECK H, LEBOT V. Genetic diversity of taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, in Southeast Asia and the Pacific[J]. *Theoretical and Applied Genetics*. 2004, 109(4): 761–768. DOI:10.1007/s00122–004–1691–z.

[22] SINGH D, MACE E S, GODWIN I D, Mathur P N, OKPUL T. TAYLOR M, HUNTER D, KAMBUOU R, RAMANATHA R V, JACKSON G. Assessment and rationalization of genetic diversity of Papua New Guinea taro (*Colocasia esculenta*) using SSR DNA fingerprinting[J], *Genetic Resources and Crop Evolution,* 2008,55(6): 811–822.

[23] CHAIR H, RAORE R E, DUVALM F, RJVALLAN R, MUKHERJEE A, ABOAGYEL M, VAN RENSBURG W J, ANDRIANAVALONA V, PINHEIRO INHEIRO DE CARVALLHO M A A, SABORIO F, PRANA M S, KOMOLONG B, LAWAC F, LEBOT V. Genetic diversification and dispersal of taro〔*Colocasia esculenta* (L.) Schot〕[J]. *PLOS ONE*, 2017, 11(6): e0157712. DOI: 10.1371/journal.pone.0157712.

[24] 孙亚林, 王直新, 季群, 刘玉平, 黄新芳, 朱红莲, 柯卫东. 基于SLAF–seq 技术开发芋肉纤维颜色性状的分子标记[J]. 中国蔬菜. 2021(6):49–54. DOI:10.19928/j.cnki.1000–6346.2021.1018 .
SUN Y L, WANG Z X, JI Q, LIU Y P, HUANG X F, ZHU H L, KE W D. Development of molecular marker for color of corm flesh fiber in taro based on using SLAF–seq Technology[J]. *China Vegetables*, 2021(6):49–54. DOI:10.19928/j.cnki.1000–6346.2021.1018 .

[25] LIU H, YOU Y, ZHENG X, DIAO Y, HUANG X. Deep sequencing of the *Colocasia esculenta* transcriptome revealed candidate genes for major metabolic pathways of starch synthesis[J]. *South African Journal of Botany*, 2015, 97:101–106, 97. DOI:10.1016/j.sajb.2014.11.008.

[26] YIN J, JIANG L, WANG L, HAN X Y, GUO W Q, LI C H, ZHOU Y, MATTHEW D, ZHANG P T. A high-quality genome of ta*ro* 〔*Colocasia esculenta* (L.) *S*chott〕, one of the world's oldest crops[J]. *Molecular Ecology Resources,* 2021, 21(1): 68–77. DOI:10.1111/1755–0998.13239.

[27] MIYAZAKI S, TASHIRO Y, KANAZAWA K, YANAGAWA M, TABARU M, TABARU M. Promotion of flowering by the treatment of seed corms and young plants with gibberellic acid in taros (*Colocasia esculenta* Schott)[J]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 2007, 54(4): 450–459. DOI:10.2503/jjshs.54.450.

[28] 黄新芳, 柯卫东, 孙亚林, 叶元英, 李双梅, 刘义满, 朱红莲, 李峰, 刘玉平, 彭静, 黄来春, 董红霞. 芋种质资源开花结实状况调查[J]. 植物遗传资源学报, 2011, 12(5): 811–815, 819. DOI:10.13430/j.cnki.jpgr.2011.05.022.
HUANG X F, KE W D, SUN Y L, YE Y Y, LI S M, LIU Y M, ZHU H L, LI F, LIU Y P, PENG J, HUANG L C, DONG H X. Investigation of fowering and seeding status of taro germplasm resources[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011, 12(5): 811–815, 819. DOI:10.13430/j.cnki.jpgr.2011.05.022.

[29] 孙亚林, 柯卫东, 黄新芳, 李明华. 赤霉素诱导槟榔芋开花试验[J]. 长江蔬菜,2010(14):68–69. DOI:10.3865/j.issn.1001–3547.2010.14.023.
SUN Y L, KE W D, HUANG X F, LI M H. Study on gibberellin induced flowering in cultivars of taro Chuankuiyu[J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2010(14):68–69. DOI:10.3865/j.issn.1001–3547.2010.14.023.

[30] 刘独臣, 蔡鹏, 杨宏, 梁根云, 刘小俊, 房超, 李跃建. 霉素诱导川魁芋1号开花研究[J]. 长江蔬菜, 2017(18):105–107. DOI:10.3865/j.issn.1001–3547.2017.18.031.
LIU D C, CAI P, YANG H, LIANG G Y, LIU X J, FANG C, LI Y J. Study on gibberellin induced flowering in cultivars of taro Chuankuiyu No.1[J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2017(18):105–107. DOI:10.3865/j.issn.1001–3547.2017.18.031.

[31] 黄伟华, 颜梅新. 芋杂交与种苗繁育研究[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(15):58–60. DOI:10.3969/j.issn.0517–6611.2020.15.017.
HUANG W H, YAN M X. Study on hybridization and seedling development of taro[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2020, 48(15):58–60. DOI:10.3969/j.issn.0517–6611.2020.15.017.

[32] 蒙真铖, 苏翠, 岳建伟, 杨曦, 陈鸿洁, 郑华. 芋头栽培技术及组织培养研究进展[J]. 热带农业科学, 2019, 39(11): 67–71. DOI:10.12008/j.issn.1009–2196.2019.11.011.
MENG Z C, SU C, YUE J W, YANG X, CHEN H J, ZHENG H.

Research progress of taro cultivation technology and tissue culture [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2019, 39 (11) : 67–71. DOI:10.12008/j.issn.1009–2196.2019.11.011.

[33] HARTMAN R D. Dasheen mosaic virus and other phytopathogens eliminated fromcaladium, taro, and cocoyam by culture of shoot tips[J]. *Phytopathology,* 1974, 64 (2) :237–240. DOI:10.1094/phyto–64–237.

[34] MUKHERJEE A K, DEBATA B K, NASKAR S K. Somatic embryogenesis and chromosomal stability of regenerants in sweet potato and taro [J]. *Journal of Scientific and Industrial Research,* 1998, 57 (10) :709–715.

[35] YAM T W, ICHIHASHI S, ARTIDITTI J. Callus growth and plantlet regeneration in taro, *Colocasia esculenta* var. esculenta (L) Schott (Araceae) [J]. *Annals of Botany*, 1991,67 (4) :317–323. DOI:10.1093/oxfordjournals.aob.a088142.

[36] 刘星月, 朱强龙, 李慧英, 孙静宇, 李必聪, 张宏玉, 黄英金, 方加军, 周庆红 . 红芽芋脱毒试管芋诱导及植株再生[J]. 园艺学报 ,2020,47 (12) :2427–2438. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2020–0470.
LIU X Y,ZHU Q L, LI H Y,SUN J Y,LI B C,ZHANG H Y, HUANG Y J,FANG J J, ZHOU Q H. Induction and plant regeneration of virus–free microtuber in red bud taro [J]. *Acta Horticulturae Sinica*,2020,47 (12) :2427–2438. DOI:10.16420/j.issn.0513–353x.2020–0470.

[37] 杭玲, 周嘉运, 苏国秀, 黄卓忠, 程汤 . 荔浦芋优良品种桂芋 1 号特征特性及栽培要点[J]. 江苏农业科学 , 2005 (5) :46–47. DOI:10.3969/j.issn.1002–1302.2005.05.017.
HANG L, ZHOU J Y, SU G X, HUANG Z Z, CHENG T. Characteristics and cultivation points of Guiyu No. 1, an excellent Lipu Taro variety [J]. *Jiangsu Agricultural Sciences,*2005 (5) :46–47. DOI:10.3969/j.issn.1002–1302.2005.05.017.

[38] 董伟清, 闭志强, 江文, 韦绍龙, 唐军, 何芳练, 覃柳燕, 高美萍, 颜梅新, 陈丽娟, 蔡炳华 . 晚熟荔浦芋新品种桂芋 2 号的选育[J]. 长江蔬菜 ,2016(24):32–33.DOI:10.3865/j.issn.1001–3547.2016.24.015.
DONG W Q, BI Z Q, JIANG W, WEI S L, TANG J, HE F L, QIN L Y, GAO M P, YAN M X, CHEN L J, CAI B H. A new variety of late maturing Lipu Taro— 'Guiyu No. 2' [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2016 (24) :32–33. DOI:10.3865/j.issn.1001–3547.2016.24.015.

[39] 董伟清, 邱祖杨, 何芳练, 蒋慧萍, 韦绍龙, 闭志强, 桂杰, 何青石 . 粉香型多子芋新品种桂子芋 1 号的选育[J]. 中国蔬菜, 2019(9):83–86.
DONG W Q, QIU Z Y, HE F L, JIANG H P, WEI S L, BI Z Q, GUI J, HE Q S. A new variety of powdery and fragrant taro — 'Guiziyu No.1' [J].*China Vegetables,* 2019 (9) :83–86.

[40] THANKAPPAN M. Leaf blight of taro—a review [J]. *Transfusion,* 1985, 49 (2) :392–394. DOI: 10.1111/j.1537–2995.2008.02030.x.

[41] SINGH D, JACKSON G, HUNTER D, FULLERTON R, LEBOT V,TAYLOR M, IOSEFA T, OKPUL T, TYSON J. Taro leaf blight—A threat to food security [J]. *Agriculture*, 2012, 2 (3) :182–203. DOI: 10.3390/agriculture2030182.

[42] JACKSON G, GOLLIFER D E. Storage rots of taro (*Colocasia esculenta*) in the British Solomon Islands [J]. *Annals of Applied Biology*, 2010, 80 (2) :217–230. DOI: 10.1111/j.1744–7348.1975.tb01625.x.

[43] TAKOR M C, MONONO E Y, NTANE O A, NGALE J E,FONTEM L A. Assessing taro [*Colocasia esculenta* (L.) Schott] leaf blight incidence, severity, and farmers' knowledge of the disease in Fako Division of Cameroon [J]. *International Journal of Pathogen Research*, 2020 (9) :17–29. DOI: 10.9734/ijpr/2020/v5i230128.

[44] 崔瑾, 李谦盛 . 建昌红梗芋和福鼎槟榔芋花叶病及其病原病毒的调查[J]. 江苏农业学报, 2003,19 (1) :63–64. DOI: 10.3969/j.issn.1000–4440.2003.01.016.
CUI J, LI Q S. Investigation on mosaic disease and its pathogenic virus of Jianchang red stem taro and Fuding betel nut taro [J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2003,19 (1) : 63–64. DOI: 10.3969/j.issn.1000–4440.2003.01.016.

[45] 高利利, 姜珊珊, 吴斌, 张眉, 王升吉, 辛相启 . 山东省芋花叶病毒病的田间调查及鉴定[J]. 中国蔬菜, 2017 (7) :68–72. DOI:10.ssss/j.issn.1000–6346.2017.7.015.
GAO L L, JIANG S S, WU B, ZHANG M, WANG S J, XIN X Q.Field investigation and identification of Dasheen mosaic virus on taro in Shandong province [J]. *China Vegetables*,2017 (7) :68–72. DOI:10.ssss/j.issn.1000–6346.2017.7.015.

[46] 施世明, 王彦芬, 王国平, 王利平, 徐文兴, 洪霓 . 侵染我国芋的杆状 DNA 病毒分子鉴定及特异性检测[J]. 植物病理学报,2013,43(6):590–595. DOI:10.13926/j.cnki.apps.2013.06.004.
SHI S M,WANG Y F,WANG G P,WANG L P,XU W X,HONG N.Molecular identification and specific detection of badnavirus from taro grown in China [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2013,43 (6) : 590–595. DOI:10.13926/j.cnki.apps.2013.06.004.

[47] HUANG S F, CHEN Z Q, HU M, XUE Y, LIAO L S, ZHANG L H. First report of bacterial soft rot disease on taro caused by Dickeya fangzhongdai in China [J]. *Plant Disease*, 2021. DOI: 10.1094/PDIS–10–20–2225–PDN.

[48] 何毓光 . 芋污斑病的综合防治技术[J]. 上海蔬菜, 2021 (3) :41–42.
HE Y G. Comprehensive prevention and control technology of taro blotch disease [J]. *Shanghai Vegetables*, 2021 (3) :41–42.

[49] MANJU E B, ACHE N T, SUH C, MBONG G A, FOKUNANG C. Evaluation of fungicide against taro leaf blight disease caused by *Phytophthora colocasiae* in three agro–ecological zones of Cameroon [J]. *Asian Research Journal of Agriculture*, 2020,13 (3) : 1–12. DOI: 10.9734/ARJA/2020/V13I330102.

[50] 黄海祥, 邓芳 . 沼肥对槟榔芋疫病和软腐病发生及产量的影响[J]. 生物灾害科学, 2018, 41 (1) : 5–7.DOI:10.3969/j.issn.2095–3704.2018.01.02.
HUANG H X, DENG F. Effects of biogas fertilizer on the occurrence of *Phytophthora colocasiae* and *Erwinia aroideae* of Areca taro and its yield [J].*Biological Disaster Science*, 2018, 41 (1) : 5–7. DOI:10.3969/j.issn.2095–3704.2018.01.02.

[51] 谢昀烨, 方丽, 王健康, 梁俊, 王汉荣 .7 种药剂对芋球茎腐烂的田间防效试验[J]. 浙江农业科学, 2021,62 (5) : 976–977,980. DOI:10.16178/j.issn.0528–9017.20210544.

XIE G H, FANG L, WANG J K, LIANG J, WANG H R.Field experiments of 7 fungicides against Stem Rot of taro[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2021,62(5): 976-977,980. DOI:10.16178/j.issn.0528-9017.20210544.

[52] 董晓菲, 叶祖云, 刘雨虹, 黄林榕, 李珊. 槟榔芋软腐病生防真菌的筛选[J]. 福建农业学报, 2020,35(5):538-544.DOI: 10.19303/j.issn.1008-0384.2020.05.011.
DONG X F, YE Z Y, LIU Y H, HUANG L R, LI S. Fungi for controlling soft-rot disease on taro[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2020,35(5):538-544. DOI: 10.19303/j.issn.1008-0384.2020.05.011.

[53] 杨爱国, 吴惠秋, 丁治军, 吴达粉, 周金鑫. 不同药剂对种芋消毒效果的试验研究[J]. 上海蔬菜, 2021(2):49-50.
YANG A G, WU H Q, DING Z J, WU D F, ZHOU J X. Different reagents on the taro disinfection effect of experimental research[J]. *Shanghai Vegetables*, 2021(2):49-50.

[54] YUMNAM I D, MADHUMITA D, JOYDIP M, MANAS S. Role of Ascorbate-Glutathione(AsA-GSH) Pathways in Phytophthora Leaf Blight Disease resistance in taro(*Colocasia esculenta* L. Schott)[J]. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2020(8): 66-75. DOI: 10.9734/IRJPAC/2020/V21I1230240.

[55] NUHRIAWANGSA A M P, BUDIHARJO A, SWASTIKE W, HERTANTO B S, ADRIYANTO B, KARTIKASARI L R. Physical quality of Chevon Meatballs with different levels of taro flour substitution as a filler[J]. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021,828(1):29-30. DOI: 10.1088/1755-1315/828/1/012037.

[56] 郭世龙, 肖志刚, 陈革, 仇丹, 王霞, 吕春月, 单秀峰, 杨庆余. 芋艿头全粉对富硒芋艿头营养重组米结构及特性的影响[J]. 食品科技, 2020,45(1):232-238.
GUO S L, XIAO Z G, CHEN G, QIU D, WANG X, LYU C Y, SHAN X F, YANG Q Y. Effects of whole taro flour on structure and characteristics of selenium-rich taro nutrition recombined rice[J]. *Food Science and Technology*, 2020,45(1):232-238.

[57] 金有景. 抗癌食药本草(上卷)[M]. 北京: 中国食品出版社, 1989.
JIN Y J. Anti-cancer herbal medicine(Volume one)[M]. Beijing: China Food Press, 1989.

[58] 赵国华, 陈宗道, 王斌. 芋头多糖的理化性质及体内免疫调节活性研究[J]. 中国食品学报, 2002(3):22-25. DOI:10.3969/j.issn.1009-7848.2002.03.004.
ZHAO G H, CHEN Z D,WANG B. Study on the physico-chemical properties and *in vivo* immune modulation activity of polysaccharide from colocasla antiquorum[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*,2002(3):22-25. DOI:10.3969/j.issn.1009-7848.2002.03.004.

[60] 吴小卿. 福鼎槟榔芋芋梗生物碱提取及功能特性的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2011.
WU X Q. Study on extraction and functional characteristics of alkaloids from taro stem of Fuding areca[D]. Fuzhou:Fujian Agriculture and Forestry University,2011.

(责任编辑　张辉玲)



郭巨先，硕士，研究员，广东省叶菜产业创新团队蔬菜遗传育种岗位专家，毕业于华南农业大学园艺学院，2002年7月至今在广东省农业科学院蔬菜研究所工作。主要从事蔬菜种质资源库（圃）管理、蔬菜栽培生理、广东地方特色蔬菜资源收集、提纯复壮与创新利用工作。先后主持和参与承担国家星火计划项目、广东省科技计划项目、广州市科技计划项目等各级项目20多项。获中华农业科技奖一等奖1项、二等奖1项，中国热带作物学会科技进步一等奖1项，广东省科学技术二等奖3项、三等奖2项，广州市科学技术一等奖1项，全国农牧渔业丰收奖1项，广东省农业技术推广奖一等奖3项、二等奖2项。获得发明专利1件，育成并通过广东省农作物品种审（评）定蔬菜新品种4个。发表科技论文30余篇，编著5本。在菜薹种质资源创新方面取得较大进展，通过氮气等离子体诱变、化学诱变等技术创新了多份菜薹抗病优异材料，从国内外收集创制和保存芋、粉葛、菜心、芥蓝、小白菜等特色蔬菜种质资源近500份。