山药新种质创制研究进展

韩晓勇 殷剑美 王 立 蒋 璐 张培通 郭文琦 金 林 刘德才
（江苏省农业科学院经济作物研究所，南京 210014）

摘要：山药品种多数以无性繁殖为主，难以创制突破性种质。为加速山药品种改良的步伐，分别从山药新种质创制现状、目标和方法，综述了山药新种质创制的研究进展，建议山药在常规育种与生物技术相结合的同时，改进种质创制的方法和途径，以提升种质创制的效率。

关键词：山药；种质创制；种质资源；变异

Research Progress on The Creation of New Germplasm of Yam

HAN Xiaoyong, YIN Jianmei, WANG Li, JIANG Lu,
ZHANG Peitong, GUO Wenqi, JIN Lin, LIU Decai
(*Economic plant Institute of Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014*)

山药属薯蓣科（Dioscoreaceae）薯蓣属（*Dioscorea* Linn.），其富含多糖、黏液质、蛋白质、淀粉、氨基酸和微量元素，具有促进血液循环、增强人体免疫力的功能。山药通常雌雄异株，花单性，雄花通常不能完全开放，雌花存在退化、不开花现象[1]。因此，山药品种多数以无性繁殖（包括块茎和珠芽繁殖）为主。而长期使用营养体繁殖，易造成病毒病积累和品种退化，主要表现在产量下降、品质变差、植株长势变弱和块茎变小。目前，山药品种改良多以提纯复壮为主[2-3]，提纯复壮技术能恢复和长期保持原品种的种性，但复壮后的种质同质化严重，难以创制突破性的种质，因此应开展山药种质创制方法研究，创制山药新种质，为山药品种改良和加快山药育种进程奠定基础。

1 山药新种质创制研究现状

目前，山药种质创制主要依靠提纯复壮技术，虽然个别单位开始研究杂交育种，但进展缓慢。仅有的资料显示，山西省农业科学院首次利用化学诱变剂甲基磺酸乙酯（EMS）处理山药茎尖和零余子，利用变异株育成山药新品种晋山药一号[4]。河南师范大学通过铁棍山药零余子太空诱变育种，育成新品种铁棍1号，同时创制一批新种质[5]；江苏徐淮地区徐州农业科学研究所通过辐射诱变，育成新品种苏薯3号，填补了山药太空和辐照育种的空白[6]。江苏省农业科学院利用台州紫山药优良品系024进行组培，组培变异后代育成的新品种苏薯8号，已获得农业农村部植物新品种权，为我国第1个授予品种权的山药品种。

2 山药新种质创制目标

我国是山药起源中心之一，山药资源丰富多样，常用作食用的山药包括薯蓣（*Dioscorea opposita* Thunb）及其近缘种山薯（*Dioscorea fordii* Prain et Burkill.）、参薯（*Dioscorea alata* Linn.）和褐苞薯蓣（*Dioscorea persimilis* Prain et Burkill.），这几种类型山药在叶片与块茎性状上差异较大[7]。不同类型的山药，通常具有不同的特征。比如，薯蓣类山药通常生育期较短，块茎长度长，多为圆柱形，浅生定向槽种植商品率低；参薯类山药块茎形状有圆柱形和卵形等，块茎肉色有紫色、白色、花紫色和黄色之分，但紫色的参薯通常易感炭疽病；山薯和褐苞薯蓣通常口感比较差。因此山药新种质利用和再创制应集中在以下几点。（1）创制适宜浅生定向槽种植的山药

基金项目：财政部和农业农村部：国家现代农业产业技术体系（CARS-21）；江苏省种业振兴揭榜挂帅项目（JBGS〔2021〕010）
通信作者：张培通

新种质。浅生定向槽种植可人为引导山药在靠近垄面一定斜度的土层生长，改变山药垂直生长的习性，大幅减轻劳动强度，提高劳动效率，提高单产，因此创制适宜浅生定向槽种植的新种质对山药种植技术的革新有巨大的推动作用。（2）发挥野生资源的特性。野生山药通常具有某些特殊的性状或较强的抗逆性，利用这种特性，可以创造出抵御某种不良环境的新种质和品种。（3）创制块茎形状变异的新种质。块茎长短直接影响山药品种的区域分布和山药种植的经济效益，山药不同产区对外观品质性状需求存在很大差异。（4）创制块茎肉色变异的新种质。块茎肉色的变异，一方面可以丰富山药品种的多样性和观赏性，另一方面可增强山药品种的抗性和适应性。

3 山药新种质创制方法研究

目前，山药种质资源的创制主要通过提纯复壮技术。江苏省农业科学院药食同源创新团队从2015年开始，致力于研究山药种质的创制方法，以常规技术为主，结合现代生物学，在山药新种质的创制方面取得一些进展。

3.1 利用野生资源的特殊优异性状创制新种质

野生资源在蔬菜和薯类种质资源创制中取得重要进展。中国农业科学院蔬菜花卉研究所利用具有野生血缘的马铃薯优良加工抗病品系S452培育出抗病优质的马铃薯新种质[8]。国内外学者利用哈氏黄瓜、西双版纳黄瓜等黄瓜野生变种和酸黄瓜、西印度黄瓜、非洲角瓜等主要黄瓜属近缘野生资源的优势，开展了一系列黄瓜属特异基因资源发掘研究的工作，通过种间杂交或生物技术手段，利用这些特异基因创制抗病抗逆的育种材料[9]。2018年江苏省农业科学院药食同源创新团队从云南大理引进野生山药品种大理野山药，进行品种适应性筛选试验，调查发现该品种的显著特点是浅生定向槽种植商品率近100%，且植株长势强、产量突出、抗病性好。经雌雄株分离后，发现1个雄株株系21–63，块茎粗度发生明显增粗的现象，且单株块茎重1kg以上（图1），经田间性状稳定性观察试验后，株系21–63粗度、单株块茎重及浅生定向种植商品率均可稳定遗传。

3.2 体细胞无性系变异在山药种质创新上的应用

体细胞无性系变异泛指来源于细胞和组织培养过程中的变异，包括细胞培养、再生植株及其后代中产生的变异。目前，大多研究者认为在植物组织培养中所有的变异都是体细胞无性系变异[10]。体细胞变异具有变异频率高的特点，一般为1%~3%，远高于频率为0.001%的自然突变[11]，为杂交育种比较困难的植物提供了一种快捷的变异途径。目前，利用体细胞无性系变异在大蒜、马铃薯、香蕉等多种农作物上培育出了新种质和品种[12–14]。江苏省农业科学院药食同源创新团队利用浙江台州紫山药品系024的茎段，经腋芽诱导、生根及连续3代扩繁，形成1842株组培苗。组培苗移入基质苗床后，经连续3代选择，在T_4发现株行号为20–16的单株，其块茎长度从15cm左右伸长至50cm左右，编号为20–16–1（图2）。经鉴定后，变异性状可稳定遗传。山药体细胞无性系变异，为解析植物体细胞无性系变异的机理研究奠定基础，成为山药品种选育的一个新方向。

3.3 山药离体茎段悬浮培养技术在山药种质创制的应用 山药离体茎段悬浮培养技术是指山药茎段在离体状态下，经不同类型的激素或水处理后，悬浮培养于营养液或自来水，培养形成山药种苗的一种新型培养技术。山药离体茎段悬浮培养，利用



图1 大理野山药变异株21–63与大理野山药雄株块茎性状比较



图 2　品系 024 变异株 20–16–1 与对照 20–16 性状对比

母体茎枝直接进行培养，具有培养效率高、变异率低、能保持品种优良性状及观赏价值高等特点。技术操作简便，克服了山药组织培养技术中移栽成活率偏低、驯化难度较大等难题，移栽无缓苗，成苗快，成活率高，大大缩短了育种周期。山药离体茎段悬浮培养时，茎枝经切割、高温等选择压力，新生芽常常发生变异。江苏省农业科学院药食同源创新团队利用山药茎枝离体水培技术培育苏薯 5 号的水培种苗时，H_3 单株选择群体中的 1 个单株（编号：2201）块茎皮色同时出现紫色和白色嵌合现象（图 3）。经鉴定，该单株发生紫肉和紫白肉分离情况。



图 3　苏薯 5 号变异株 2201 与苏薯 5 号块茎性状对比

3.4　山药芽变选种　芽变主要是芽分生组织细胞中的遗传物质发生改变，起初是由于个别的细胞发生突变，导致随后分化形成的组织和器官发生变化，是自然界一种较为常见的现象[15]。芽变育种是无性繁殖作物特有的育种方式，芽变一经选出，即可进行无性繁殖，可缩短育种时间，节省人力、物力[16]。芽变育种在苹果、梨、桃等果树新品种选育中应用广泛，并育成了一些有代表性的品种。江苏省农业科学院药食同源创新团队 2018 年从福建南平引进地方品种福建糯米山药，该品种产量高、炭疽病抗性好。经单株选择试验后，发现 1 个株系 21–31 同时出现肉色为紫色和白色的两种块茎（图 4），将紫肉和白肉块茎分开种植进行观察，紫肉和白肉块茎可分别进行稳定遗传，推测福建糯米山药肉色变异为芽变。

3.5　EMS 诱变　EMS 诱变具有突变类型广、产生点突变的频率高和染色体畸形率低等优势，是植物诱变育种中应用最广泛、效果最好的一种化学诱变方法[17]，已经在多种植物的突变体育种及种质资源创制中取得了一定进展。EMS 诱变的部位因植物

种类而异，通常根据作物的繁殖方式和染色体倍数来选择诱变的部位，比如种子、花粉、块茎和叶片等。陈芝华等[18]首次利用山药愈伤组织进行诱变，确定了EMS处理山药愈伤组织的适宜条件和有效提高诱变体筛选的方法。南怀林等[19]首次确定EMS诱变山药零余子的最佳处理浓度和时间。2022年江苏省农业科学院药食同源创新团队利用山药零余子、种子及离体茎段进行EMS诱变，分别确定了其半致死剂量，并发现山药EMS诱变后代会发生叶片皱缩、叶片缺失、非对称叶、缺刻及出现双叶尖等现象，创制了一批叶形变异的新种质（图5）。



图4 福建糯米山药与其变异株21-31块茎性状比较



图5 EMS诱变后代叶片性状变异

4 展望

山药通常采用无性繁殖，多数品种不开花或开花后不结实，造成山药品种遗传背景狭窄、变异少、同质化现象严重。因此，在常规育种的同时，要重视与生物技术的结合，进一步开展杂交育种、分子标记辅助选择和EMS定向诱变等技术创制符合目标性状的优异种质，为山药新品种培育奠定基础。

参考文献

[1] 吴文嫱，王晓倩，翟李楠，许云，黄小龙，黄东益. 薯蓣属植物遗传多样的研究进展. 热带农业科学，2015，35（10）：29-38
[2] 刘也楠，林飞荣，何贤彪，黄立飞，刘伟明. 山药新品种紫莳药9号的选育. 中国蔬菜，2022（7）：107-109
[3] 董俊美，李锦超，孟义江，杨太新，葛淑俊. 山药种质资源鉴评与品种选育研究进展. 河南农业科学，2021，50（11）：6-14
[4] 高钰锋，刘建平，南怀林，王耀琴，任海昕. 晋山药一号新品种选育及栽培技术. 现代农业科技，2018（18）：112-114
[5] 李建军，任美玲，王君，贾国伦，裴利昕，孙树武. 铁棍山药新品种选育研究. 药用植物栽培，2015，38（9）：1787-1791
[6] 史新敏，李勇，樊继德. 块状紫山药新品种苏薯3号的选育. 蔬菜，2018（5）：80-82
[7] 陈阳，周先治，马丽娜，兰准柄. 基于ISSR分子标记的44种山药种质资源遗传多样性分析. 福建农业科技，2023，54（2）：1-7
[8] 李锡香，胡鸿. “十五”期间我国蔬菜科研进展（一）. 中国蔬菜，2005（8）：1-3
[9] 董邵云，苗晗，薄凯亮，张圣平，顾兴芳. 黄瓜近缘野生资源的研究进展. 植物遗传资源学报，2020，21（6）：1446-1460
[10] 刘琦，王仁才，王然. 植物体细胞无性系的变异与检测. 青岛农业大学学报：自然科学版，2022，39（1）：8-18
[11] 高露，璐王鹏，顾姣姣，姜聖姬，李亚，赵明杨，吕芬妮. 基于胚性愈伤诱变的楸树耐盐种质创制及评价. 分子植物育种，https：//kns.cnki. net/kcms/detail/46. 1068. S. 20210721. 1626. 011. html
[12] 张恩让，程智慧. 大蒜抗草甘磷愈伤组织变异系的选择研究. 西北农林科技大学学报：自然科学版，2003，31（3）：69-72
[13] 邹雪，肖乔露，文安东，胡芳，黄雪丽，王西瑶. 通过体细胞无性系变异获得马铃薯优良新材料. 园艺学报，2015，42（3）：480-488
[14] Santy P E，Virginia A H V，Andrew J K. Detection of DNA methylation changes in micropropagated banana plants using methylation-sensitive amplification polymorphism（MSAP）. Plant Science，2001，161：359-367
[15] 武春昊，卢明艳，闫兴凯，王强，张茂君. 我国近五十年梨芽变育种研究进展与展望. 北方园艺，2018（19）：156-161
[16] 陈学森，伊华林，王楠，张敏，姜生辉，徐娟，毛志泉，张宗营，王志刚，姜召涛，徐月华，李建明. 芽变选种推动世界苹果和柑橘产业优质高效发展案例解读. 中国农业科学，2022，55（4）：755-768
[17] 张慧，阮明菊，王韦，王睿，杜建武，曾千春. 辣木甲基磺酸乙酯（EMS）诱变及表型变异的初步研究. 云南农业大学学报：自然科学，2022，37（2）：302-310
[18] 陈芝华，华树妹，李丽红，雷伏贵，贺佩珍，曹奕鸯，莫智龙. 山药愈伤组织EMS诱变及其再生苗变异研究. 四川大学学报：自然科学版，2016，53（6）：1380-1385
[19] 南怀林，王耀琴，刘建平，王小兵，张峰. 山药零余子EMS诱变处理的研究. 农学学报，2021，11（9）：7-10

（收稿日期：2023-09-09）