

山药的研究进展

李月仙,黄东益,黄小龙,王英,罗宏顺,周鑫
(海南大学农学院,海南儋州 571737)

摘要: 山药,又名土薯、大薯、薯药等。山药营养丰富,具有很高的药疗价值。就山药的高产栽培技术、育种及引种、种类及在中国的分布、种质的鉴别及鉴定、成份分析、开发利用等方面做了综述性的概述,以便给相关研究者提供参考。

关键词: 山药;栽培;分类;成份;开发利用

中图分类号:S 文献标识码:A

Progress of Study on *Dioscorea Opposita* Thunb

Li Yuexian, Huang Dongyi, Huang Xiaolong, Wang Ying, Luo Hongshun, Zhou Xin
(College of Agriculture Hainan University, Danzhou Hainan 571737)

Abstract: *Dioscorea opposita* Thunb, also named Chinese yams, is important staple food in many tropical countries. Even more interestingly, yams have also been used as health food and herbal medicinal ingredients in traditional Chinese medicine. Summarizing of overview on *Dioscorea Opposita* Thunb. As techniques of high-yielding cultivation, Breeding and introduction, classification and distribution in China, identification of germplasm, ingredients, the development and utilization in this article, then providing reference to the relevant researchers.

Key words: *Dioscorea Opposita* Thunb., cultivation, classification, ingredients, development and utilization

山药别名薯蕷,薯蕷属(*Dioscorea*)是薯蕷科在中国分布的唯一属,为广布于热带和亚热带地区的缠绕性藤本植物,全世界约有600种之多,中国约有55种、11变种、1亚种^[1-3],主要分布于长江以南各省区。薯蕷属植物大多具有可食用的地下块茎,或具根状茎,部分种类的叶腋有珠芽。叶互生或对生,单叶或为指状3~7片小叶。花单性,雌雄异株,排列成穗状或圆锥花序。雄蕊6或3枚;子房3室,每室胚珠2枚。果为蒴果,有翅3,种子也具翅。自20世纪40年代发现该属植物的根状茎所含的山药皂甙元可作为衡量激素药物来源以来,引起全世界各方面工作者的重视。中国薯蕷属植物在民间利用的历史悠久,而全面系统的研究是自1957年以来开展。为了进一步开发甾体激素药物,植物学与医药学科学工作者紧密合作,将理论研究成果

广泛应用于实际应用中,因而目前中国山药皂甙元不仅能自给,而且大量出口,在国际市场上有极高的声誉^[4]。作者对山药的栽培、分类、成份分析、开发利用作了个概述。

1 山药的栽培研究

山药生长粗放,药、菜兼用,群众喜欢种植。但在生产上,山药的产量容易出现波动,经常忽高忽低,给人一种难以把握的印象。其实,只要掌握好山药的科学种植方法,还是可以保持产量稳定的。

1.1 生态环境和栽培类型

山药适应性强,分布广,在中国南起广西,北至陕西省,东起河北,西至云南省均有野生分布或栽培;国外如朝鲜、日本亦有分布^[7]。垂直分布于海拔70~1600 m的丘陵或高山。山药喜欢温暖、向阳的自然环境,但能耐

基金项目:海南大学科技基金资助项目。

第一作者简介:李月仙,女,1981年出生,云南腾冲人,硕士研究生,研究方向:主要从事淮山种质资源的收集保存的研究。通信地址:571737 海南省海南大学儋州校区农学院, E-mail: liyuexiann2008@126.com。

通讯作者:黄东益,1969年出生,博士,教授,博士生导师。研究方向:作物遗传育种。通信地址:571737 海南省海南大学儋州校区农学院, Tel:0898-23300162, E-mail: hdongyi123@tom.com。

收稿日期:2009-03-10,修回日期:2009-03-24。

寒,要求土层较深厚、疏松肥沃、排水良好的土壤环境。土壤的pH值以6.5~7.5为宜^[8]。中国目前栽培的山药有太谷山药、铁棍山药、小绒毛山药,白皮山药和菜山药等5个类型。折干率最高为铁棍山药,鲜货1.75 kg可制0.5 kg干品;其次为小绒毛山药,2.5 kg鲜品可得0.5 kg干品;最低为菜山药,3~3.5 kg鲜品才得0.5 kg干品^[9]。至于这5种类型是群众在长期的生产实践中培育出的不同品种或是山药的变种,尚待进一步考证,但产量以太谷山药为高已是事实^[10-11],故在生产上应选择太谷山药。

1.2 栽培技术

山药因其特殊的用途名传海内外,但由于传统栽培山药费工费时,因而其发展受到了严重制约。为此,现简要介绍3种山药省工高效栽培方法:(1)开沟栽培;(2)打洞栽培;(3)套管栽培^[12]。

1.2.1 开沟栽培技术 是用开沟机于播种前一个月左右对施足底肥的地开挖成1.7 m深的垄沟开沟后,整地即可结束。山药开沟机作业时用1个长1.5~1.7 m带有螺旋的钻头,钻入土1.7 m左右深,通过齿轮和皮带轮传动,与手扶拖拉机皮带轮连接,带动螺旋钻头转动。山药开沟机工作时靠手扶拖拉机拖着走,行走200 m/h左右,比人工翻挖的速度提高了近百倍。此外,山药开沟机所开的沟比人工翻得深、质量好,有利于山药根状块茎顺利下扎。

1.2.2 打洞栽培技术 就是在地下打一垂直的洞,让山药根状块茎在洞中伸长。由于打好的洞对山药伸长的压力小,所以要求的土壤不严格,即使是黏性土,也能进行山药栽培。打洞前按行距70~80 cm放线,并在线上挖6~8 cm的浅沟,所打洞的直径8~10 cm,深1.2~1.5 m。可根据山药品种调节深度和洞的直径。打出的洞要结实,保证洞壁光滑。定植时用地膜盖在洞口上,四周用土压实,然后把种块放在地膜上,使催出的芽正对着洞口,以便新山药根状块茎向洞内伸长。由于山药在空洞中生长,收获时可轻轻拔出,省去了挖山药的艰辛,下一年洞还可以再用。

1.2.3 套管栽培 就是把山药的根状块茎设法引入套管中生长。具体方法就是根据不同品种的山药生长所能达到的长短和粗细设计一种栽培管(即塑料套管),把套管埋入地下适当的深度,在山药根状块茎形成和伸长的初期将其引入套管中生长。套管栽培的优点是省工省时,减少病虫害对根状块茎的危害,收获山药时很少断裂损伤,产品直而整齐,颜色美观,能明显提高产量和品质。但是套管的成本很高,每亩地需要套管2500个左右,一次投入很高。套管山

药收获时,可以从一头收获,将套管周围的土壤小心翻起,堆在高畦两侧,待套管露出地面1/2时,将套管抽出,随即将套管松开,便会露出山药。用塑料绳捆绑套管的可将绳割断,取出山药,然后将套管洗净存放,以便再用。

1.3 育种及引种研究

随着科学技术的飞速发展,植物遗传育种理论研究不断创新,新的育种方法被广泛应用。有很多学者在药用植物中“南药北移”,“北药南移”以及“野生变家种”的潮流中为山药的引、育种作出了很大贡献。

在选山药的引种和系统选育方面:江苏省植物研究所自1975年以来,陆续引种栽培了盾叶薯蓣、粉背薯蓣、穿龙薯蓣、黄山药、蜀葵叶薯蓣等,不仅掌握了它们的生物学特性,积累了它们的物候资料,而且对栽培繁殖材料、栽培方法、管理措施、最佳采集时间等问题进行了研究^[13]。周雪林、怀志萍等人^[14-15]在中国武当山地区建立了高含量盾叶薯蓣的引种栽培基地。原产墨西哥,薯蓣皂苷元含量较高(3.6%),在中国西双版纳引种成功的菊叶薯蓣的生长发育进行了研究^[16],为中国引种国外薯蓣植物开辟了良好的开端。1996年刘鹏^[17]等人把山药、纤细薯蓣(*D. gracillina* Miq)、参薯在浙江小范围引种成功促进了国内薯蓣的引种栽培。

2 分类研究

Knuth (1924)^[18], Prain 和 Burkill (1914)^[19], 1939^[20]最早对中国薯蓣属的一些种类进行分类学研究,但限于当时的条件,工作很不全面。自1957年以来,中国植物学工作者在寻找甾体激素新药源的同时,对全国薯蓣属种类、分布和分类系统作了大量深入细致的工作,三十年间共发现了13种^[1-5](包括变种、亚种和变型),基本上摸清了中国薯蓣属的种类和分布,并根据各植物种间的亲缘关系将其划分成6个自然组,即根状茎组(Sect. *Stenophora* Uline)、丁形毛组(Sect. *Comilium* Pr. et Burk.)、黄独组(Sect. *Opsophyton* Uline)、复叶组(Sect. *Lasiophyton*. et Burk.)、顶生翅组(Sect. *Shannicorea* Pr. et Burk.)、和薯蓣组(Sect. *Enantiophyllum* Olive.)^[21]。裴鉴、丁志遵等人(1979)^[22]根据根状茎组的外部形态特征、细胞染色体数、花粉形态、植物化学成分和地理分布等规律,发现根状茎组具有较原始的性质:横走的多年生地下根状茎;花粉粒单沟型;二倍体;含甾体皂苷元,从而证明根状茎组是薯蓣属中较原始自然类群。在此基础上,许多学者在各方面进行了一系列验证、补充和修正工作。

中国是山药重要原产地和驯化中心,山药品种资源甚为丰富。中国栽培的山药有普通山药(*D. batatas*

Decne)和田薯(*D. alata* L.)两个“种”,普通山药在中国中部、北部分布较广,田薯在中国南部台湾、广东、福建、江西等省区普遍栽培。但目前沿用的山药分类,除“种”之外,“种”以下的分类梯级还缺乏统一的标准,也未见有关的研究报道。各地山药品种同物异名或同名异物的现象也比较突出,某些品种在“种”的归属上混淆不清。根据历代本草考证及调查,目前国内较为常见,经常使用的山药,主要有下列各种:

正品怀山药(淮山药)系薯蓣科植物薯蓣(*Dioscorea opposita* Thunb.)的干燥根茎,《中国药典》收载此品。道地产区为河南焦作的温县、武陟、沁阳等地,即旧怀庆府,产量大、质量优,供销全国并大量出口。此种山药,山西、山东亦有分布^[22]。

方山药^[23]为参薯(*Dioscorea alata* L.),又名白薯、火棍薯等。主要产于云南、湖南、广西,台湾亦产。本种属多种型,又分白薯、红薯、白脚板薯、红脚板薯,以白薯加工为山药。另有变种脚板苔(*D. alata* L. f. *flabella* Makino.),呈扁球型或姜状,分布于四川、湖北。因四川将其加工成四开的方条块状或略现方形,故四川中药业称之为“方山药”。

土山药包括野山药(*Dioscorea japonica* Thunb.),主产于日本,中国台湾省及华南诸省亦分布较广;褐苞薯(*Dioscorea persimilis* Prain et Burk),分布于云南、广东、广西等地;山薯(*Dioscorea fordii* Pram et Burk),分布于广东、广西、福建等省,广东某些地区以其块茎作为“淮山”或“土淮山”入药;汀山(*Dioscorea quinquelaba* Thunb.)^[24],分布于江西,当地作药用。

2.1 种质的鉴别及鉴定

2.1.1 园艺学性状分类 关于园艺植物品种分类的标准,从种的分类基础出发,以品种系统作为一级,品种群作为第一级,其中一个种的变种可列为品种系统^[25]。而在“种”以下的分类梯级,有的是按块茎的形状,将各种山药品种,笼统地分为长形、扁形、块状3种类型;有的是在每个“种”以下,分别分出长柱种、扁块种与圆筒种3种;有的将普通山药分为长山药、棒山药和佛掌薯3个变种,而田薯未分变种。可见,迄今为止,对山药“种”以下的第一梯级分类上(种叶变种),国内尚无统一的认识,而在第一梯级(变种叶品种群)的分类上,尚未见过有关研究报道。但是,蔡金辉等^[26]从中国南、北各地收集到的46个山药品种进行栽培比较,根据它们的园艺学主要性状特点、块茎感官品质性状特点,结合块茎淀粉酶同工酶分析结果,对山药进行分类,编制了山药种一变种一品种群体的分类检索表,这对净化山药市场起到很好的指导作用。

2.1.2 显微鉴别 显微鉴别发现:山药淀粉粒众多,单粒,有粘液细胞、草酸钙针晶束及树脂道,无中柱鞘石细胞环层;山薯有中柱鞘石细胞环层,具草酸钙棱晶,有色素细胞,石细胞1~2列断续呈环;参薯,中柱鞘由2~4列石细胞断续呈环,有三面增厚石细胞,脚板苔则没有。近年来随着电子显微镜的发展,已有人尝试用电镜来对植物进行鉴别,但由于造价很高,所以使用光学显微镜仍是首选的方法。

细胞学的研究作为植物系统分类提供了佐证。秦慧贞等人(1991)^[27]报道了中国薯蓣属6组、39种、1亚种的染色体数,从该属染色体数目的演化论证了二倍体种类(根状茎组)是原始的类群,多倍体种类的产生与块茎的形成有关。根状茎种类通过多年生根状茎缩短的分化、进化为能充分储存水分的养料,又具有强盛繁殖力的块茎种类,以适应温热气候条件下的生长,而块茎种类又适应了种间杂种所需要的新的生态条件,与原有的二倍体种类竞争,相互杂交,经过染色体加倍,克服了不孕而形成了多倍体。

2.1.3 理化鉴别 通过物理或化学的手段考察它们由于化学成分、含量的差异所体现出来的相关的物化性质的差别来进行鉴别。已有文献报道的手段有紫外^[28]、电泳^[29-31]、薄层色谱^[31]、气相色谱^[32]、x衍射^[33]等。如都恒青等用聚丙烯酰胺凝胶电泳法(PAGE)进行了蛋白电泳,通过其凝胶电泳图谱的差异鉴别出了怀山药、褐苞薯、参薯、山薯、木薯^[31];王刚立等用x射线粉末衍射全谱分析,根据衍射图形的几何拓扑规律及全谱特征标记峰,鉴别出了怀山药及其代用品山薯、伪品木薯^[33]。

3 薯蓣的成份分析研究

3.1 山药营养成分

山药是粮菜兼用作物,可炒食也可煮食。块茎富含淀粉和各种营养成分,可用来制造淀粉和各种营养食品,廖朝晖^[34]等人对山药进行了测定:山药氨基酸种类齐全,含18种氨基酸,人体必需的8种氨基酸齐全,其中,谷氨酸的含量最高,达到302 mg/(100 g鲜重),半必需氨基酸精氨酸也有较高含量,其次为妊氨酸和天冬氨酸。对山药的淀粉酶、蛋白质、脂肪、多糖、皂甙等生化物质进行了测定。测定结果显示,山药含有丰富的蛋白质,每100 g达到17.5 g蛋白质,特别是淀粉酶达到358.97 u,山药含0.35 g/100gFW的多糖,微量元素含量测定结果显示,山药含有丰富的微量元素Zn, Fe, Mn, Cu, Se和常量元素Ca中药都含有丰富的微量元素,其疗效与微量元素有一定关系。因此,山药的药效机理可能与其中所含的微量元素有关。

3.2 山药多糖

山药多糖是目前公认的山药主要活性成分,也是近年来山药研究的热点。山药多糖的组成和结构比较复杂,不同的研究者提取分离出了不同的山药多糖,其中有均多糖,有杂多糖,也有糖蛋白,相对分子质量从数千到数百万不等,其多糖含量和糖基组成也各不相同。

陶乐平和吴东儒^[35]从安徽产山药块茎中提取到一系列性质各异的多糖,认为热水提取物中的多糖主要由葡萄糖组成,而冷水提取物中的多糖则主要由甘露糖组成,并测定了其中一个组分的主要单糖为葡萄糖、甘露糖和半乳糖。何书英等^[36]分析了用热提法获得的山药多糖 RP,证明是由带分枝的1,4-连接的吡喃葡萄糖苷骨架构成,同时含有少量1,3-连接的岩藻糖;赵国华等^[37-38]从山药块茎中提取到一种山药多糖 RDPS-I,阐明了其化学结构,其糖基组成为葡萄糖、半乳糖和甘露糖,糖基的摩尔比为1:37:11,平均相对分子质量为42200,并证明具有免疫调节作用抗肿瘤作用,并最终将其分子量确定为41000,糖基摩尔比确定为1:4:1;杭悦宇等^[39]用气相色谱测定单糖衍生物的方法测定了来自薯蓣、山薯、参薯和褐苞薯蓣等4种山药类多糖的糖基摩尔比,证明薯蓣多糖中的单糖以甘露糖为主,而山薯、参薯和褐苞薯蓣等3种多糖中的单糖则是以半乳糖为主;徐琴^[40]等从淮山药中提取粗多糖 RDP,进行纯化分离,得到均一的多糖 RP,红外光谱分析其具有 β -糖苷键,纸色谱(PC)分析其中糖组成为葡萄糖、D-甘露糖、D-半乳糖比例为11:4:84。

3.3 山药皂甙元

从薯蓣属植物中寻找甾体激素药物原料工作,早在1939—1947年,美国 Marker^[41]就开始研究。中国1957年以后开始了薯蓣皂苷元资源的寻找以及生产工艺的研究和改进。至目前为止,甾体激素药物已成为中国药品生产的重要领域。据统计(1986)^[42]年,中国从薯蓣根茎中提取薯蓣皂苷元的工厂有49家,薯蓣皂苷元除满足国内需要可生产50多种激素药外,还可以出口一部分。

通过调查总结,发现中国共有17种、1亚种、2变种薯蓣含有薯蓣皂苷配基约占全世界含有薯蓣皂苷配基植物的50%以上。唐世蓉等人(1985)^[43]对16种薯蓣的甾体皂苷元进行了测定,结果表明:盾叶薯蓣含量最高(5.9300);含量在2%左右的有黄山药(*D. Panthaica*)、穿龙薯蓣、三角叶薯蓣(*D. deltioidea*)、粉背薯蓣、纤细薯蓣(*D. gracillima*)和山草蓣(*D. tokvro*);在1铸左右的计有细柄薯蓣(*D. tenuirres*)和叉蕊薯蓣。由于许多种

类的薯蓣皂苷元熔点偏低,目前工业上大量生产利用的只有盾叶薯蓣、穿龙薯蓣和小花盾叶薯蓣。国内许多学者为了查明皂苷元熔点偏低的原因,分别对盾叶薯蓣、粉背薯蓣、绵、小花盾叶薯蓣、黄山药、叉蕊薯蓣、山葛薯(*D. chixgii*)及国外引种的菊叶薯蓣等的皂苷元的分离进行了研究,一般认为,物体所含的药物皂苷元(Yanogenin)是造成薯蓣皂苷元熔点偏低的主要原因,为提高薯蓣皂苷元的分离量提供了理论依据。赵书申等人(1988)^[44]提出改变经典的直接酸水解法水解或自然水解法。采用黑曲霉5016或3008,或Co-827进行发酵,使盾叶薯蓣的薯蓣皂苷配基由原来的2%,提高至4.5%。

此外,刘铁成等人(1981)^[45]对穿龙薯蓣不同生育期根茎的增长动态与其皂苷元含量的变化进行了观察,努力探索穿龙薯蓣最佳采收期,而唐世蓉等人(1987)^[46]与丁志遵(1986)^[42]分别就盾叶薯蓣地上部分皂苷元的提取和植物体的综合利用进行了研究。

4 山药的开发利用

4.1 山药在药用和保健品的开发利用

据现代医学研究:山药富含皂苷、粘液质、糖蛋白、甘露聚糖、植酸、尿囊素、山药素、胆碱、多巴胺、粗纤维、果胶、淀粉酶、多种微量元素等^[47]。其中皂苷能防止冠心病和脂肪肝的发生,有止咳、祛痰、脱敏,修复病变组织等作用^[47-48];粘液蛋白能预防心血管系统的脂肪沉积,防止动脉粥样硬化的过早发生,减少皮下脂肪的沉积,避免出现肥胖,还能防止肝、肾结缔组织的萎缩,预防胶原性病的发生,保持消化道、呼吸道及关节腔的润滑^[47,49-50];粘液多糖可刺激和调节人体免疫系统,能使被抑制的细胞免疫功能部分或全部恢复;尿囊素具有麻醉镇痛作用,可促进上皮生长,消炎和抑菌,常用于治疗平足皴裂、鱼鳞病和多种角化性皮肤病^[51];多巴胺能扩张血管,改善血液循环^[47-48],淀粉酶又称消化酶,能促进食物中淀粉的分解,增强肌体的消化与吸收功能,是身体虚弱、食欲不振、消化不良、糖尿病等多种疾病患者的营养补品^[47,49-50];山药的微量元素对防治糖尿病及其并发症发生有积极意义,铬(三价铬)是葡萄糖耐量因子的组成成分,锌与胰岛素的活性有关,每一个胰岛素分子含有两个锌原子^[50]。

最近的研究发现,山药中含有与人体分泌的脱氢表雄酮(Dehydroepiandrosterone)结构相同的物质,是环戊烷多氢菲的一种衍生物^[51-52]。大量的研究证实,人的脱氢表雄酮与脑白金的分泌量有着惊人的相似之处^[52]。人自30岁左右开始,体内的脱氢表雄酮含量就随着年龄的增长而逐步减少,到老年期降到最低水平^[53]。人

体许多激素的合成、分泌都需要一种物质,这种物质被称为“前体物质”。

国内外的临床研究证实,脱氢表雄酮对人体有增强免疫功能,活化神经细胞、提高记忆和思考能力,调节神经、镇静安眠,防止骨骼和肌肉老化,降低血脂、控制动脉硬化,调整体内激素分泌而减肥等多种有益作用。在体内还能抑制细胞有丝分裂,从而发挥预防和治疗癌症的作用。经常食用山药,能使血液中脱氢表雄酮含量持续保持在与年轻人相仿的水平^[54]。

4.2 山药食品

山药中所含的营养素,有很多是蔬菜中所没有的。用山药烹饪菜肴的种类和方法,古书《素食说略》及《遵生八笺》中早有详细记载。现今用山药已可做成上百种美味佳肴,或红烧或白煮,或与肉共炒,可荤可素,或咸或甜,深受群众欢迎。如拔丝山药、罗汉排骨、白猿吐舍利子、喇嘛素糖醋三样、素鸭蛋、白鸽山药汤、鹤鹑山药参汤等。另外,山药粥、山药面、山药羊肉汤、拔丝山药、山药烩时蔬等也都是简便易行的山药烹制法。山药可制成山药片,山药罐头,山药粉,山药饮料及山药酱等产品。用山药加工成各种饮料、果酱和罐头,在市场上畅销,很受群众欢迎,很有发展前途。比如山药奶汁、山药蜜汁、山药酸奶、山药枸杞果酱、山药清水罐头、赖氨酸淮山米粉和强化营养淮山米粉等^[50-51]。山药富含淀粉,也是酿酒、制糖和生产酒精的良好材料。

山药为天然滋补保健佳品。其性平味甘,食之补而不腻;山药质地细腻,肉色洁白,营养丰富,风味鲜美,常被人们誉为蔬菜之珍品。山药可制作多种美味佳肴,如蜜炙山药、拔丝山药、虎皮山药、一口山药、清蒸山药、油炸山药、山药烧白、冰糖煨山药、山药糯米粥等^[55-56]。山药还可加工配制成多种滋补食品,如山药粉、山药糊、山药酒、山药糕点、山药饼干、山药营养面、山药八宝粥、山药系列饮料等。

参考文献

- [1] 裴鉴,等.中国植物志(第16卷,第1分册).北京:科学出版社,1985.
- [2] 中国植物研究所主编.中国高等植物图鉴(第5册).北京:科学出版社,1983:557-579.
- [3] 中国科学院昆明植物研究所.云南植物志(第三卷).北京:科学技术出版社,1983:717-719.
- [4] 丁志遵,等.中国薯蓣科新分类群.植物分类学报,1982,20(2):205-209.
- [5] 万金劳,等.叉蕊薯蓣类群分类学的初步研究.南京中山植物园研究论文集,南京:江苏科学技术出版社,1990:41-44.
- [6] 丁志遵,等.甾体激素药源植物.北京:科学出版社,1983.
- [7] 中科院植物所.中国高等植物图鉴(第5册).北京:科学出版社,1983:567.
- [8] 中科院药植所.中国药用植物栽培学.北京:农业出版社,1991:375.
- [9] 谢宗万.中药材品种论述(中册).上海:上海科技出版社,1984:564.
- [10] 贾士奇.几种山药的质量比较.中国中药杂志,1991,16(26):360.
- [11] 中科院药植所.中国药用植物栽培学.北京:农业出版社,1991:375.
- [12] 浙江农业大学.蔬菜栽培学各论.第2版.北京:农业出版社,1988.
- [13] 刘鹏等.中国薯蓣属植物的研究综述浙江大学(自然科学版).1993.16期4卷.
- [14] 周雪林,郭可跃,朱元方,等.盾叶薯蓣引种栽培研究[J].草药,1988,20(10):35-37.
- [15] 怀志萍,丁志遵,贺善安,等.盾叶薯蓣皂甙元含量与气候因素的相关性研究[J].药科学报.1989,24(9):702-706.
- [16] 郑慧兰.菊叶薯蓣生长发育的研究[J].云南植物研究.1996,12(1):75-79.
- [17] 刘鹏,郭水良,吕洪飞,张国平.薯蓣的引种栽培研究[J].浙江师大学报(自然科学版),1996,19(4):93-96.
- [18] Knuth R. Dioscoreaceae. In Engler. Das pflanzenreich. 1924, 37 (IV.43):1-387.
- [19] Prain D, et I. H. Burkill. Journ. Asist. soc. Bengal n. Ser, 1914, 10:5-41.
- [20] Prain D. Ann. Roy. Bot. Gard. Caccuta, 1936, 1939, 14(1,2):1-210. 211-528.
- [21] 秦慧贞,等.中国薯蓣属细胞分类的研究—染色体数与该属起源和演化.植物分类学报,1985,23(1):11-18.
- [22] 裴鉴,等.中国薯蓣属根状茎系统分类的初步研究.植物分类学报,1979,17(3):61-72.
- [23] 郑玉红,夏冰,杭悦宇,等.山药原植物薯蓣及其近缘种的分子鉴别和亲缘关系研究[J].南京农业大学学报,2007,30(2):55-59.
- [24] 米达夫.和汉生药.东京:株式会社广力书店,1972:186.
- [25] 李家文.中国蔬菜作物的来源与变异.中国农业科学,1981(1):90-95.
- [26] 蔡金辉,严渐子,黄晓辉,等.山药品种资源的分类研究[J].江西农业大学学报,1991,21(1):53-57.
- [27] 秦慧贞,等.盾叶薯蓣的胚胎发育及其在演化上的意义,南京中山植物园研究论文集.南京:江苏科学技术出版社,1991:7-14
- [28] 尹爱群,姜慧祯.山药与其伪品脚板菩的鉴别,药物分析杂志,1998,18(1).
- [29] 都恒青,等.山药类的研究,常用中药材品种整理和质量研究(北方编),第二册.
- [30] 郭增喜,奚镜清.山药类地下茎的蛋白凝胶电泳鉴别,中国中药杂志,1990:3.
- [31] 聂桂华,周可范,等.山药及其混伪品的凝胶电泳法鉴别,中药材,1993:2.
- [32] FANG Xing-chun, YIN Xia, XIANG Bing-ren et al. Classification of Chinese Traditional Medicine Shanyao (*Dioscorea opposita* Thunb) by Pyrolysis/high Resolution Gas Chromatography/Pattern Recognition. J China Pharmaceutical University, 1990, 21(2):91.
- [33] 王钢力,田金改.山药的X衍射全谱分析的初步研究.
- [34] 廖朝晖.山药主要生化成分含量的测定,韶关学院学报(自然科学版),2003:6.
- [35] 陶乐平,吴东儒.薯蓣多糖的分离、纯化、组成及其某些性质安徽大学学报,1988(3):102.

- [36] 何书英,詹彤,王淑如.山药水溶性多糖的化学及体外抗氧化性[J].中国药科大学学报,1994,25(6):369-372.
- [37] 赵国华,李志孝,陈宗道.山药多糖 RDPS-I 组分的纯化及理化性质的研究[J].食品与发酵工业,2002,28(9):1-4.
- [38] 赵国华,李志孝,陈宗道.山药多糖 RDPS-I 的结构分析及抗癌活性[J].药学学报,2003,38(1):37-41.
- [39] 杭悦宇,秦慧贞,丁志遵.山药新药源的调查和质量研究[J].植物资源与环境,1992,1(2):10-15.
- [40] 徐琴,徐增莱,沈振国,等.淮山药多糖的研究[J].中药材,2006(9):909-912.
- [41] Marker R E, et al. J. Amer. Chem. Soc. 1940, 62(1):76-87.
- [42] 丁志遵.我国薯蓣资源研究与利用.作物品种资源,1986(2):1-4.
- [43] 唐世蓉,等.小花盾叶薯蓣甾体皂苷元的分离鉴定,南京中山植物园研究论文集.南京:江苏科学技术 1985:108-111.
- [44] 赵书申,等.盾叶薯蓣的黑曲霉发酵和薯蓣皂苷配基的结构.武汉大学学报(自然科学版),1988,(2):93-97.
- [45] 刘铁成,等.穿龙薯蓣不同生育期的增长动态及薯蓣皂苷元含量变化的观察.药学通报,1981,10(2):3-5.
- [46] 唐世蓉,等.盾叶薯蓣地上部分的三个新甾体皂苷.云南植物研究,1987,9(2):233-238.
- [47] 姜德明.抗癌保健佳蔬——山药[J].吉林蔬菜,2000,2:40.
- [48] 王文林,彭海燕.山药的食疗运用[J].药膳食疗研究,1999,1:30.
- [49] 印万芬.大众保健食品——山药[J].植物杂志,1998,6:12.
- [50] 周小玲.山药药用保健膳食[J].药膳食疗研究,1999,2:42.
- [51] 赵冰著.山药栽培技术[M].北京:金盾出版社,1998.
- [52] 丁赢,赵云岚,等.山药穿山龙[M].北京:中国医药出版社,2001.
- [53] 叶璐君,杨师尧.山药的保健功能与食疗方[M].北京:金盾出版社,2001.
- [54] 沈尔安.保健抗衰说山药[J].药膳食疗研究,1999,4:21.
- [55] 张巨.良药佳蔬——山药[J].中国检验检疫,1996,2:46.
- [56] 紫翎.滋补良蔬——山药[J].中州今古,1994,4:36.