

吉林省能源植物菊芋的综合利用现状及前景展望

王彦靖, 刘鹏, 高海, 刘海燕, 王秀飞, 庞凤仙* (吉林省农业科学院, 吉林长春 130033)

摘要 介绍了菊芋生物学特性及开发利用潜力, 分析了菊芋研究发展现状, 最后展望了推广应用前景及今后的研究方向。**关键词** 菊芋; 非粮能源植物; 种质资源; 菊粉; 盐碱地改良**中图分类号** S632.9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)21-0075-02**Present Situation and Prospect of Comprehensive Utilization of Energy Plants *Helianthus tuberosus* L. in Jilin Province****WANG Yan-jing, LIU Peng, GAO Hai, PANG Feng-xian* et al** (Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130033)**Abstract** The biological characteristics and potential of exploitation and utilization of *Helianthus tuberosus* L. were introduced. The present status of research and development of *Helianthus tuberosus* L. was analyzed. Finally, the future application and future research directions were prospected.**Key words** *Helianthus tuberosus* L.; Non-food biofuel crop; Germplasm; Inulin; Saline-alkali soil improvement

《全国种植业结构调整规划(2016—2020年)》中指出, 我国农业种植业调整要构建粮经饲统筹、农牧结合、种养加一体的格局, 尤其在生态环境脆弱的“镰刀弯”地区, 发展耐盐耐旱耐贫瘠植物是调减籽粒玉米种植面积的主攻方向。菊芋(*Helianthus tuberosus* L.) 适应性能力和抗逆性较强, 且生物质产量高, 能源利用方式多样, 是环境友好型植物, 是我国有前景的非粮能源植物之一。笔者对菊芋生物学、开发利用潜力、吉林省研究利用等方面的研究进展和存在问题进行了阐述, 并展望了菊芋作为能源植物的研发前景。

1 菊芋生物学特性及开发利用潜力

1.1 生物学特性 菊芋为菊科向日葵属, 是唯一能形成地下块茎的六倍体($2X=102$)多年生草本植物^[1-3]。在全球热带、温带、寒带以及干旱、半干旱区均有分布和栽培。由于菊芋适应能力较强, 对土壤的要求较低, 因此其种植面积也相对较广, 可种植于我国各个省份^[4]。据报道, 我国适宜种植菊芋的边际地面积为 1 760 万 hm^2 , 主要集中在东北、西北和中部地区。菊芋生态幅之宽实属罕见, 即南至海南岛, 北到黑龙江, 西至新疆均有种植。菊芋作为寡糖类能源植物, 具有低投入、高回报、非争地争粮等特性^[5-8], 在工业上易于通过微生物发酵转化成酒精、生物柴油等而作为高密度能源植物受到国际生物质能界广泛的关注, 同时也被认为是我国最具发展潜力的四大能源植物之一^[1-3, 9-10]。

1.2 开发利用潜力

1.2.1 作为医药和食品工业原料。 菊芋是一种很好的生态经济型植物, 块茎可以生产菊粉、果糖浆、色素等食品工业原料。菊粉是一种全水溶性的膳食纤维, 是人体肠道中双歧杆菌的增殖因子, 具有特殊的保健和抗癌作用。菊芋块茎中经过特殊工艺可提纯出丰富的菊粉, 具有双向调节血糖的作用, 一方面可使糖尿病患者血糖降低, 另一方面又能使低血糖患者血糖升高。利用现代生物技术对菊芋进行深加工精制而成的菊粉、低聚果糖和超高果糖浆, 具有特殊的保健作

用, 是国内外保健食品行业的全新多功能配料。菊芋块茎中还含有氨基酸和维生素等多种营养物质, 质地白细嫩, 口感好, 传统食用方式为制成酱菜、生食熟用、煎炒烹炸等, 亦可制成洋姜脯, 更具独特风味, 也是食品工业的新型原料^[8]。目前, 笔者研究团队已在菊芋酿酒、酵素、饮料、花草茶等方面开展相关应用研究, 并已取得部分研究成果。

1.2.2 作为畜禽多功能饲用原料。 菊芋秸秆中粗脂肪含量 1.72%, 明显高于玉米秸秆(0.94%), 粗纤维含量与玉米秸秆相近, 分别为 50.22% 和 47.55%。菊芋秸秆粗蛋白含量和玉米秸秆相近, 分别为 4.18% 和 4.11%。菊芋饲养细毛羊羊的对比试验结果表明: 菊芋组的饲后增重效果最好, 各组试验羊的增重效果从高到低依次为菊芋块茎组、颗粒粕组、甜菜组、菊芋秸秆组; 菊芋块茎组的屠宰率为 53.4%, 菊芋秸秆组为 50%, 甜菜组 46.2%, 颗粒粕组 44.9%, 可见菊芋块茎组和菊芋秸秆组羊的屠宰率高^[11-12]。菊芋的茎叶可晒干制干草, 也可青贮, 青贮法可选择塑料袋青贮或窖贮^[3, 13]。尤其以菊芋为原料生产的多功能饲料, 不需加入抗生素类添加剂, 将克服长期困扰养殖业产品质量提高的瓶颈, 因此, 畜牧业方面的应用也将成为菊芋产业发展的重要组成部分^[3]。

1.2.3 作为防风固沙耐盐碱作物。 菊芋的根系发达, 具有抗风沙及保持水土的作用, 特别适合开展风沙盐碱地产业化经营。菊芋生长适宜的土壤 pH 为 4.5~8.6, 有一定的耐盐碱能力, 其幼苗根部可维持较高的 K^+ 含量^[14], 维持一定的 Na^+ 与 K^+ 比值, 以保证根部 Na^+ 的高浓度, 这是菊芋耐盐特性的重要基础^[15]。菊芋幼苗品种间耐碱性差异与其不同器官生物量和可溶性渗透物质的分配积累有关, 耐碱菊芋品种在较高碱胁迫时, 叶片和根系保持了较高的可溶性糖含量, 根系保持了较高的 K^+ 含量^[3] 和较低的 Na^+ 含量, 即耐碱品种幼苗保持了较低的 Na^+/K^+ , 这可能是其耐碱性较强的重要原因之一^[12]。由此可见, 菊芋对于一定范围内的盐碱化土地具有适应性生理机制, 可以考虑在盐碱地规模化种植^[8]。南京农业大学菊芋课题组在黄河三角洲经过连续 6 年的研究, 盐碱土种植菊芋可显著提高盐碱土土壤养分含量, 盐碱土的 pH 从 7.32 降到 6.88, 20~40 cm 土层的土壤

作者简介 王彦靖(1981—), 女, 吉林镇赉人, 助理研究员, 博士, 从事生态学研究。* 通讯作者, 研究员, 从事农作物资源化利用研究。

收稿日期 2017-05-22

pH 从 7.37 降到 6.98; 总 pH 降低 0.40, 效果相当明显^[3]。在科尔沁风沙地种植菊芋, 在持续 45 d 无雨的干旱情况下仍能正常生长, 菊芋群落能有效减弱一定风速; 根系深度可达 0.5 m 以上, 根幅最高可达 0.6 m, 呈现网状结构^[16]。由此可以看出, 菊芋是生态友好型植物, 能够在防风固沙工作中发挥重要作用。如果将菊芋产业化发展与生态修复结合起来, 将更有效地发挥其经济效益、生态效益和社会效益^[8]。

2 菊芋研究发展情况

2.1 研究现状 吉林省西部白城及松原等地处高纬度地区, 秋季温度高、光照好、昼夜温差大, 适宜菊芋糖分积累, 所产菊芋块茎品质优良, 含糖高。吉林省农业科学院从事菊芋品种选育近 10 年, 目前培育并审定菊芋新品种 5 个, 即吉菊芋 1 号、吉菊芋 2 号、吉菊芋 3 号、吉菊芋 4 号和吉菊芋 9 号, 收集国内外菊芋优良品系几十个, 为吉林乃至东北地区菊芋推广应用奠定坚实基础。其中, 在袋装青贮试验中, 菊芋秸秆与玉米秸秆按照 2:8 混合调制青贮饲料的综合品质优于单纯玉米秸秆青贮。

2.2 开发利用情况 吉林省菊芋研究与产业发展速度呈上升态势, 从田间地头房前屋后野生的酱菜原料, 到被国内外都认可的能源作物、酿酒原料、膳食纤维、新鲜蔬菜、优质饲料及功能性饮料添加成分等不断发展壮大, 截至目前, 已经开启了既有项目研究团队, 又有企业应用的良好局面, 虽然目前吉林省菊芋种植面积规模较小, 为 80~100 hm²。但吉林省适宜种植菊芋的风沙盐碱地为 90.88 万 hm², 拓展空间巨大。随着菊芋育种研究的深入开展及品种试验示范推广面积的增加, 相应酿酒、饲料、菊粉及菊芋低醇饮料等加工企业的逐步建立与规模的扩大, 以及菊芋生产-加工为循环产业链的逐级完善, 必将导致菊芋原料市场需求增大, 农民种植积极性相应提高, 推广种植面积必将逐年扩大, 经济社会效益不可估量, 区位优势也会越来越明显。菊芋产业势必会同花生、马铃薯一样, 成为吉林省乃至东北风沙盐碱地改良及种植结构调整的支撑产业。

3 推广应用前景及存在问题与建议

3.1 前景 菊芋生物量大, 富含菊糖, 是水溶性膳食纤维菊粉的重要来源, 也可广泛应用于防风固沙、保持水土、盐碱地恢复等生态保护领域。由于其较强的抗逆性, 可在滩涂盐碱地、弃耕地、撂荒地等边际性土地上栽培生长, 为良好的非粮能源植物; 同时其地上茎叶生物量大、地下块茎营养丰富, 为畜牧业良好的粗饲料来源。菊芋由于其极强的抗逆性, 相比常规作物可获得较高产量, 提高土地生产力, 不仅使农民的收入获得较大提高, 满足菊芋加工企业原料的需求, 获得较好的经济效益, 还可以改善自然生态环境, 具有较好的生态保护功能。

吉林西部盐碱化和沙化面积已超过 135.30 万 hm², 盐碱地面积 96.90 万 hm², 其中轻度盐碱地 6.07 万 hm², 中度盐碱地 46.41 万 hm², 重度盐碱地面积为 44.42 万 hm², 风沙面积 38.40 万 hm², 并以每年平均 1.4% 的速度递增。风沙盐碱地种植其他杂粮作物经济效益低, 产出少, 而种植菊芋效益是

其他杂粮作物的 2~3 倍, 收益在 10 000~15 000 元/hm²; 按菊芋种植占改良盐碱地 10% 计算, 年均 0.1 万 hm² 左右, 产量在 1 000~1 500 kg/hm², 按 1 000 元/t 计算, 去除投入成本农民增收 0.50 亿~0.75 亿元/a; 同时, 地上部产量与地下部产量基本相同, 等于在获得正常经济效益的同时平添 10 万 t 优质粗饲料, 效益相当可观。利用非粮盐碱地种植菊芋, 有利于形成稳定的非粮能源植物供应基地, 既能为延伸种、养、加等产业链提供原料保证, 又可为改善西部生态环境提供必要的技术支撑, 同时有利于调动农民种植菊芋和养殖家畜的积极性, 对加快吉林省盐碱地改良、调整产业结构、促进企业发展、农民增收具有重要意义, 其经济、社会、生态效益显著。

能源植物菊芋适合在吉林省西部大面积盐碱地或边际性土地种植, 形成菊芋盐碱地规模化种植、养殖及菊芋生物炼制精深加工产品生产的种、养、加产业链, 有利于调动农民种植菊芋和养殖积极性^[3]。吉林省西部的非耕地平整, 因而能实现播种、收割等机械性操作, 这是其他能源植物所无法比拟的。该地气候冷凉, 日照时间长, 昼夜温差大, 非常适合菊芋生长及块茎干物质积累, 品质优良产量高, 既可增加企业和农民收入, 又能改善生态环境, 其经济、社会、生态效益良好。利用生物途径改良吉林省西部平原盐碱地、实现盐碱地低碳清洁化生产的目标, 将使西部盐碱荒地变为绿洲, 变劣势资源为优势资源。因地制宜种植和开发利用菊芋, 市场广阔, 前景诱人。

3.2 存在的问题及建议 目前我国菊芋产业已处于快速发展时期, 对菊芋原料的需求处于快速增长阶段, 但是由于菊芋相关种质资源研发等造成菊芋相关产业的发展还不够完善。

根据吉林省实际研究和以往经验, 在菊芋育种及高产栽培技术研究以及菊芋相关领域探索过程中主要发现有下列共性问题: 在推广应用方面, 吉林省菊芋生产利用目前处在品种示范及中试推广阶段, 就目前看, 全国菊芋产业在甘肃、陕西等地利用较好, 种植面积广, 重点是有菊粉加工企业订单回收, 而吉林省目前主要缺少菊粉加工企业支撑, 因此推广利用重点应放在饲料加工相关的养殖企业和养殖大户上; 在科学研究方面, 一是要在抗寒抗旱耐盐碱等方面做育种工作, 二是要进一步明确菊芋在各类型边际地上营养生长及生殖生长规律, 依据不同品种及应用重点制订菊芋配套高产栽培措施。与主要作物相比, 菊芋遗传改良程度低, 且目标单一, 主要集中在提高块茎产量和菊糖含量上, 抗逆性品种选育^[8]以及依据不同应用需求进行育种选择是能源植物育种的重要目标。由于菊芋育种历史短, 其育种对现有栽培产量贡献小, 进行菊芋遗传改良将会大幅增加这种干物质的积累。目前在我国野生菊芋自然群体内不同个体间产量存在极显著差异, 单位面积产量不高, 品质较差。因此, 在接下来的研究工作中, 要选择菊芋作为能源作物材料, 进行遗传改良、生物能源的转化; 为充分发挥菊芋在合理开发利用沙漠

(下转第 112 页)

纸会显蓝色或蓝绿色,色差区分度不够。当酸的浓度过高时,空白试纸颜色会加深,逐渐向棕红色靠拢。如果空白颜色太深,空白的底色会影响到镉离子显色的识别度,降低试

纸检测灵敏度。图 8 为不同酸用量的空白试纸显色情况,结果可见 2.0 mL 酸用量显色最佳,因此 2.0 mL 即为酸的最适用量。

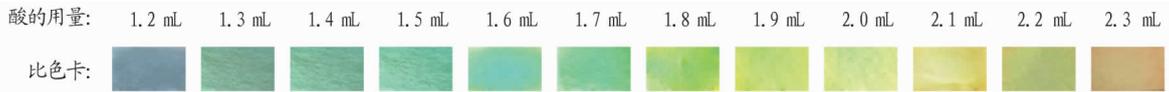


图 8 不同酸量显色现象

Fig. 8 The phenomenon of different acid dosage coloration

3 结论与讨论

该研究以维多利亚蓝 B 作为显色剂,以 0.3% 的乙醇溶液为显色剂溶剂,并使用快速定量滤纸浸泡在配制好的显色剂溶液中,在 40~45 °C 恒温浸泡 80~90 min 后避光晾干制作成镉试纸。用干灰化法处理样品,使用浓硫酸 2.0 mL 调节试液的 pH,最后测出的马铃薯中镉的含量约为 0.041 6 mg/kg。该研究建立的方法具有操作简便、成本低、分析速度快、灵敏度高、专一性好等优点,可为现场快速筛查、检测食品中的镉含量提供更加简便、快捷的途径,并且也不需要特定的专业技术人员。该方法具有实用价值,可进行市场化应用来更好地防止镉的污染,保障食品安全,提高人们的生活品质。

参考文献

- [1] 蒋武,黄旺森,卢立用. 镉离子快速检测方法研究进展[J]. 广东化工, 2013,40(17):130-131.
- [2] 邱万山. 食品中镉的检测技术[J]. 理化检验-化学分册,2015,51(4):567-572.
- [3] 徐正. 水产品中镉快速检测技术研究及应用[D]. 大连:大连海洋大学,2010.
- [4] 唐逢杰,张凤,金庆辉,等. 石墨烯修饰铂电极传感器测定水中微量重金属镉和铅[J]. 分析化学,2013,41(2):278-282.

- [5] 王锦鹏,韩宁,李卫东,等. 试纸法在重金属检测中的应用[J]. 纺织检测与标准,2016(4):12-14.
- [6] 郭玉香,徐应明,孙有光,等. 试纸法快速检测环境水体中重金属镉[J]. 农业环境科学学报,2006,25(2):541-544.
- [7] 赵静,孙海娟,冯叙桥. 食品中重金属镉污染状况及其检测技术研究进展[J]. 食品工业科技,2014,35(16):371-376.
- [8] 薛文静,杨钊,陈安珍,等. 水产品中镉快速检测试纸方法研究[J]. 中国卫生检验杂志,2010,20(7):1801.
- [9] OKYERE H,VOEGBORLO R B,AGORKU S E. Human exposure to mercury,lead and cadmium through consumption of canned mackerel, tuna, pilchard and sardine[J]. Food chemistry,2015,179:331-335.
- [10] YAN J L,QUAN G X,DING C. Effects of the combined pollution of lead and cadmium on soil urease activity and nitrification[J]. Procedia environmental sciences,2013(18):78-83.
- [11] 郭颖初,嵇辛勤,王开功,等. 动物性食品中镉的污染及其检测技术[J]. 畜牧与兽医,2013,45(2):90-93.
- [12] 徐红颖,包玉龙,王玉兰. 常见蔬菜中重金属铅、镉、铬、神含量测定[J]. 食品研究与开发,2015,36(3):85-89.
- [13] 徐慧,吴晓萍,杨捷,等. 食品中镉的检测方法研究进展[J]. 中国食物与营养,2010(4):61-63.
- [14] 董壮,高洋,邵秋荣. 原子吸收分光光度法测定食品中镉的检测方法[J]. 中国科技信息,2016(5):18-19.
- [15] 王晓,邵丽,滕振勇. 石墨炉原子吸收法测定马铃薯中的铅和镉[J]. 食品研究与开发,2013(23):104-106.
- [16] 张成志,叶芳胜,周华琼. 维多利亚蓝 B 作为酸碱指示剂的应用研究[J]. 西南民族大学学报(自然科学版),2005,31(2):177-179.

(上接第 74 页)

- [6] ASSEMENT M M E. Ecosystems and Human well-being[M]. Washington D C:Island Press,2005.
- [7] MITCHELL M J,BURKE M K,SHEPARD J P. Seasonal and spatial patterns of S, Ca, and N dynamics of a Northern hardwood forest ecosystem[J]. Biogeochemistry,1992,17(3):165-189.
- [8] 关文彬,王自立,陈建成,等. 贡嘎山地区森林生态系统服务功能价值评估[J]. 北京林业大学学报,2002,22(4):80-84.
- [9] 黄继红,路兴慧,郭仲军,等. 新疆布尔津县天然林生态系统服务功能评估[J]. 北京林业大学学报,2015,37(1):62-69.
- [10] 蒋延玲,周广胜. 中国主要森林生态系统公益的评估[J]. 植物生态学报,1999,23(5):427-431.
- [11] 吴钢,肖寒,赵景柱,等. 长白山森林生态系统服务功能[J]. 中国科学(C 辑),2001,31(5):471-473.
- [12] 王兵,杨锋伟,郭浩,等. 森林生态系统服务功能评估规范:LY/T 1721—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [13] 穆叶赛尔·吐地,吉力力·阿不都外力,姜逢清. 天山北坡东西段林沿土壤有机质含量特征对比分析[J]. 水土保持研究,2013,20(1):70-75.
- [14] 熊黑钢,秦珊. 新疆森林生态系统服务功能经济价值估算[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(6):146-149.
- [15] 张毓涛,常顺利,芦建江,等. 天山云杉森林 8 hm² 样地的建立及三维

可视化管理[J]. 林业科学,2011,47(10):179-183.

- [16] 陈曦,许文强,罗格平,等. 天山北坡不同环境条件下雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)林限土壤属性[J]. 生态学报,2008,28(1):53-61.
- [17] 张震,刘萍,丁易,等. 天山云杉林不同发育阶段种群分布格局研究[J]. 北京林业大学学报,2010,32(3):75-79.
- [18] 阿米娜·艾力,常顺利,张毓涛,等. 天山云杉森林土壤有机碳沿海拔的分布规律及其影响因素[J]. 生态学报,2014,34(7):1626-1634.
- [19] HE S F,JIANG D M,LA-MU-SA A, et al. Sand-fixing effects of *Caragana microphylla* shrub in Keerqin sandy land[J]. Journal of soil and water conservation,2007,21(1):84-87.
- [20] NELSON E,SANDER H,HAWTHOME P, et al. Projecting global land-use change and its effect on ecosystem service provision and biodiversity with simple models[J]. Plos one,2010,5(12):14321-14327.
- [21] POLASKY S,NELSON E,PENNINGTON D, et al. The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: A case study in the state of minnesota[J]. Environmental & resource economics,2011,48(2):219-242.
- [22] 余新晓,鲁绍伟,靳芳,等. 中国森林生态系统服务功能价值评估[J]. 生态学报,2005,25(8):2096-2102.
- [23] WANG B,LU S W. Evaluation of economic forest ecosystem services in China[J]. Chinese journal of applied ecology,2009,20(2):417-425.