

# 非粮能源植物菊芋对改良吉林西部盐碱沙地的作用及应用前景

刘 鹏<sup>1</sup>, 王 秀 飞<sup>1</sup>, 张 维 东<sup>1</sup>, 徐 长 虹<sup>2</sup>, 韩 喜 国<sup>2</sup>, 张 永 锋<sup>1</sup>

(1. 吉林省农业科学院 农村能源与生态研究所, 吉林 长春 130033; 2. 吉林省农业科学院 洮南综合试验站, 吉林 洮南 137100)

**摘 要:**在简要介绍菊芋生物生态学特性和利用价值基础上,总结了菊芋国内利用现状和发展趋势;阐述了菊芋作为一种抗旱、耐盐植物对吉林省西部盐碱沙地治理、生态农业开发及非粮生物质能源基地建设等的必要性和意义;分析了目前菊芋产业、菊芋产品及市场的技术需求和改良吉林西部盐碱沙地的应用前景。

**关键词:**菊芋;非粮能源植物;抗旱;耐盐碱;吉林西部

**中图分类号:**S 812.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)24-0199-04

菊芋(*Helianthus. tuberosus* L.)是菊科向日葵属中唯一能形成地下块茎的同源异源六倍体( $2X=102$ )多年生草本植物。菊芋喜肥沃土壤,但也耐贫瘠、耐盐碱;既喜湿润,但也耐旱;喜温暖,也耐寒。因此在全球的热带、温带、寒带以及干旱、半干旱地区都有菊芋的分布和栽培<sup>[1-2]</sup>。

## 1 菊芋的生物生态学特性及利用价值

### 1.1 菊芋的生物学特性

菊芋耐寒能力强,冰冻期地下茎结冰进入冬眠,块茎可在 $-25\sim-40^{\circ}\text{C}$ 的冻土层内安全越冬。菊芋的根系发达,具有很强的耐旱能力。过于干旱时地上茎细矮、不开花,地下块茎小、产量低,但很少旱死;同时,菊芋也具有耐瘠薄特性和很好的抗风沙能力。自2007年菊芋被引入吉林西部盐碱沙地后,经多年人工栽培试验,

证明菊芋是防风固沙、治理风沙盐碱地的首选生物质作物。首先,菊芋可以在轻度、中度盐碱程度地上自然生长,其中菊芋在轻度、中度盐碱地上其株高生长良好者可达2 m,在重度盐碱地上其株高也可超过1 m。且经过进一步选育,耐碱能力强的品系可以在重度盐碱地上完成生活史,并生长良好。其次,菊芋不仅耐盐碱能力强,而且生长势也强,具有较大的阔叶叶片和叶片密度,能够形成很大的叶面积指数。菊芋的这些特征都显著优于传统应用的禾本科和其它牧草植物。此外,由于菊芋的适生能力强,易种植及管护,自然散生时主要通过地下块茎无性繁殖实现每年的种群更新和扩展,因此人工规模化种植菊芋就可利用其地下块茎进行扩繁,即将菊芋块茎采用适当方式埋入土壤后即可自然生长,在盐碱沙地上种植基本上不需要田间管护,而且,一次种植即可大量繁殖,不需要每年种植。所有这些特性都从多方面降低了盐碱沙地改良的成本。

民间有句谚语“菊芋就是姜不辣,耐寒耐旱耐风沙;土一埋,就发芽,八九十月开黄花;一窜俩,俩窜仨,二分窜出一亩八;窜出沙漠一片绿,绿色家园是我家”。从中即可道出菊芋治理生态的效果和作用。

### 1.2 菊芋的利用价值

菊芋浑身是宝,其块茎既可食用,也可生产菊粉、果糖浆、色素等食品工业原料。菊芋块茎富含菊糖

**第一作者简介:**刘鹏(1963-),男,研究员,现主要从事秸秆资源化利用及能源作物育种等研究工作。E-mail: liupeng6301@163.com.

**责任作者:**张永锋(1965-),男,研究员,现主要从事农村生态与循环农业等研究工作。

**基金项目:**吉林省财政厅育种专项和科技厅生物质产业技术创新战略联盟资助项目(20130305040NY)。

**收稿日期:**2013-09-09

**Abstract:** The advances of tissue culture of *Pelargonium odoratissimum* were summarized from the explants screening, medium, induction culture, subculture culture, rooting, seedling transplanting, and the problems in its tissue culture were discussed, including ignoring the relationship between propagation coefficient and seedling quality, the growth conditions and some important economic traits changed while the propagation coefficient improved, some even dwarf, without flowers or leaves. The research prospect and problems were discussed theoretically.

**Key words:** *Pelargonium odoratissimum*; tissue culture; induced differentiation; hormone

(inulin), 菊糖属于多聚果糖, 利用现代生物技术进行深加工可精制成低聚果糖和超高果糖浆, 菊糖是当今医药和保健食品行业的重要原料。菊芋花的天然黄色素属花青苷类色素, 对光、热等均较稳定, 可在中性或偏碱性介质中使用, 是一种极具开发价值的天然食用色素。菊芋的块茎和地上茎叶也常作为饲料, 既可在菊芋生长旺季割取地上茎叶直接用做青饲料, 也可在秋季粉碎后制作干饲料。作为饲用, 菊芋块茎产量高, 营养丰富, 其营养价值以干物质计, 接近玉米, 是一种优良的饲用植物。巴哈提·加布克拜等<sup>[3]</sup>研究表明, 菊芋的营养价值较高, 优于优良牧草苜蓿, 是一种优质的营养齐全的饲草。菊芋的茎叶可晒干制干草, 也可选择塑料装青贮或窖贮; 特别强调的是以菊芋秸秆及块茎为原料生产的多功能饲料, 由于菊芋本身含有的菊粉是一种全水溶性的膳食纤维, 是动物肠道中双歧杆菌的增殖因子, 能促进有益细菌如双歧杆菌生长繁殖, 抑制有害菌生长, 因此不需加入抗生素类添加剂, 也能克服长期困扰养殖业产品质量难以提高的瓶颈问题。同时菊芋秸秆也同其它作物秸秆一样是较好的生物质燃料。菊芋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, 是我国最具发展潜力的四大能源植物之一。马玉明等<sup>[4]</sup>、马家津等<sup>[5]</sup>研究表明, 菊粉为多聚果糖, 可以在菊粉酶的作用下水解为果糖, 是发酵生产乙醇和油脂的良好糖源; 此外, 菊芋也可以作为制备氢能及多种化学品的原料<sup>[6]</sup>。

## 2 菊芋国内外研究现状

在种质资源及品种选育方面, 菊芋开发利用和驯化栽培时间不长, 栽培品种和自然群系间在果聚糖含量、产量、抗性等方面参差不齐。美国、欧盟等发达国家均建立了相当规模的国家级种质资源库, 为菊芋的研究开发奠定了坚实的基础。如美国国家种质资源库共收集了北美洲分布为主的菊芋种质资源 107 份, 德国国家种质资源库主要收集了欧洲分布的菊芋种质资源 102 份; 我国以兰州大学为主收集了以亚洲、欧洲分布的菊芋种质资源 500 余份。在菊芋新品种选育方面, 菊芋抗逆性和新品种培育菊芋地下块茎能源性状果聚糖高效累积调控过程是菊芋新品种(系)选育的核心。Baldini 等<sup>[7]</sup>对不同菊芋品种的块茎和茎秆中菊粉和糖含量进行了大量研究, 发现品种间差异较大; Stolzenburg 等<sup>[8]</sup>研究认为, 菊芋块茎产量越高, 乙醇产率也越高; Curt 等<sup>[9]</sup>对不同菊芋品种进行茎和块茎的生产潜力比较表明, 早熟菊芋品种茎和块茎的产量都低于中、晚熟菊芋品种, 中、晚熟菊芋品种的茎和块茎都表现出更高的产糖量, 因此可能具有更高的生产潜力。据不完全统计, 我国现已选育并审定的适宜于不同边际地类型种植的菊芋品种共有 8~10 个, 分别为青海大学培育的“青芋 1 号”、“青芋

2 号”、“青芋 3 号”; 南京农业大学培育的“南芋 1 号”, 吉林省农业科学院培育的“吉菊芋 1 号”, “吉菊芋 2 号”, 内蒙古自治区农牧业科学院培育的“蒙芋 1 号”等, 其中“南芋 1 号”和“青芋 2 号”在全国种植面积较大, 这 2 个品种已成为我国非耕地能源植物主要推广的菊芋品种, 在全国主要生态区已进行广泛的栽培示范。

在菊芋栽培等方面, 李莉等<sup>[10]</sup>以“青芋”系列品种为研究对象, 对菊芋全生育期各器官内氮、磷、钾养分的吸收积累与分配特征进行了研究, 初步构建了菊芋高产栽培技术体系和菊芋非耕地高效栽培技术体系, 为菊芋的大面积推广奠定了基础; 同时还制定了多项菊芋栽培技术, 确定了沙地菊芋种植的较佳密度和适宜播期; 并研究了菊芋不同栽培模式中群体结构对茎叶生长量以及块茎产量的影响。刘兆普等<sup>[11]</sup>以“南芋 1 号”等为对象, 研究了滩涂地菊芋栽培技术, 使菊芋在江苏沿海等地滩涂治理中起到重要作用。侯全刚等<sup>[12]</sup>研究表明, 菊芋在株距 40 cm、行距 80 cm 密度时植物学性状指标达到最大, 单株植物学性状指标高, 光合面积大, 积累同化物的能力强, 单株产量高; 密度小, 产量稍低; 而株距为 40 cm、行距 70 cm 时, 虽然植物学性状未达最优, 但由于密度适中, 产量也能达到最高, 增产 2.1 t/hm<sup>2</sup>, 增产率达到 5.87%。钟启文等<sup>[13]</sup>研究表明, 菊芋地上部分生长量在出苗后 18 周达到顶峰, 干物质主要储存在茎, 之后向地下部分转移, 叶面积指数、光合势、净同化率与叶绿素含量在植株快速生长期(出苗后 6~9 周)和地上部干物质开始向块茎转移(出苗后 18~19 周)前一段时期均有高峰出现。Saengthongpinit 等<sup>[14]</sup>研究表明, 不同的储藏温度和收获时间对菊糖含量和聚合度(Degree of polymerization, DP)均有一定影响, 在种植菊芋 16~20 周后发现, 随着时间的变化, 高聚合度的菊糖(DP>10)含量有所下降, 而果糖和蔗糖的含量有所上升。

在抗旱耐盐碱方面, 吴成龙等<sup>[15]</sup>研究发现, 耐碱品种在低碱胁迫时叶片保持了较高的 K<sup>+</sup> 含量, 根系分配了较多的干物质, 这可能是其耐碱性较强的原因之一, 而耐碱性较强的菊芋幼苗根系保持了较低的 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>, 因而根系 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> 可作为菊芋幼苗一个耐碱性的重要参考指标。Demel 等<sup>[16]</sup>、Vereyken 等<sup>[17]</sup>研究发现, 在干旱胁迫下, 果聚糖确实具有膜保护功能, 在有水条件下, 果聚糖与磷脂可相互作用, 认为果聚糖通过直接与膜相互作用来保护植物不受到脱水的伤害。隆小华等<sup>[18-19]</sup>在黄河三角洲经 6 a 的研究, 盐碱土种植菊芋显著提高了盐碱土土壤养分含量, 使盐碱土的 pH 从 7.32 降到 6.88, 20~40 cm 土层的 pH 从 7.37 降到 6.98, 总 pH 降低 0.4, 效果相当明显。隆小华等<sup>[20]</sup>用 10.00% 的海水处理菊芋幼苗发现, 海水对菊芋生长发育没有抑制作用, 甚至有一定的促进作用, 菊芋幼苗的地上部和根鲜

重均增加,应用适量海水灌溉菊芋,与纯淡水灌溉的菊芋相比,其株高及地上生物量有所抑制,但茎径以及根的生物量都有所增加。这一研究结果对于耐盐植物以及改良盐渍土地的研究具有很高的参考价值。

截至目前,虽然菊芋在改良盐碱土方面具有很高的应用价值,但我国在育种和栽培等方面研究的支持力度和资金投入还远不够,与国外相比还有一定差距;但随着我国科研工作者对菊芋研究的不断深入,我国有关菊芋抗旱、耐盐碱研究及非耕盐碱地开发利用等研究已在世界处于比较先进水平,国内各研究单位现已收集亚洲、欧洲分布的菊芋种质资源 500 余份,育成新品种 8 个;吉林省农业科学院农村能源与生态研究所收集菊芋种质资源 40 多份,为开展菊芋适应吉林西部盐碱沙地抗旱、耐盐碱的高产、高糖育种研究奠定了基础。因此,在未来发展中,我国还需要在菊芋种质资源、品种选育、栽培技术、糖料、燃料乙醇加工和副产品综合利用等方面加大投入力度和研究深度,才能使菊芋在进行盐碱地和风沙地改良中发挥更大的作用。

### 3 菊芋在吉林省西部盐碱、沙地生物改良和非粮生物质能源基地中的作用

#### 3.1 菊芋是盐碱沙地的改良和生态环境建设的需要

菊芋由于其生态适应性强,耐贫瘠、耐寒、耐旱抗风沙能力强,具有良好的耐盐碱性,是为数不多的抗逆、高产、高密度能源植物,适合在荒漠、滩涂、盐碱草地等边缘性土地上推广耕种,不与粮争地,生态价值巨大。因此,是吉林省西部盐碱、沙地改良的首选作物。

通过抗旱、耐盐碱菊芋种质资源筛选创新研究,可以使新选育的菊芋资源在各种盐碱程度地上具有较强的生长势和较大的叶面积指数。在此基础上,综合分析土壤盐碱程度、风沙地退化程度及菊芋的生长能力对土壤的改良效果和速度等因素,来建立新的菊芋应用于盐碱沙地植的生物改良模式。以吉林西部的光、热、水、温和土地资源看,完全可能建设成为一个以菊芋为主的非粮生物质能源供应基地,主要原材料是菊芋块茎和茎秆,通过对菊芋块茎和茎秆进行加工,主产品是菊粉、固化燃料、发酵酒精或燃料乙醇等,既能解决能源作物生产加工等存在与人争粮与农争地等问题,为延伸种、养、加工等产业链提供原料保证,也为改良土壤和改善吉林西部环境提供必要技术支撑,在保护生态的同时,实现生态环境与经济收益的双丰收。菊芋超强的生态适应性及其作为能源植物的巨大应用潜力,使其在发挥风沙治理、盐碱荒地利用、绿化环保的生态价值的同时,也必然在以菊芋为核心的生物基产品产业链的开发中产生巨大的经济价值。

#### 3.2 菊芋是非粮生物质能源作物的需要

生物质能源产业发展的瓶颈主要是原料紧缺以及

能源植物资源的挖掘、改造与利用研究滞后,满足不了市场需求且生物能源原料的发展必须不与农争地、不与人争粮,保障粮食安全。为此,以吉林省为例,寻找玉米生产燃料乙醇的替代品,使非粮能源植物在非耕地获得较高产量、简化栽培技术、降低原料成本,以提高生物能源市场竞争力,成为吉林省发展非粮生物质能源需要解决的关键问题。

就目前而言,中国非耕地种植的能源植物主要有两大类,一类是油脂类植物如麻疯树、山桐等,但不适合北方种植,而另一类就是含糖类能源植物如菊芋、甘薯等。菊芋作为能源作物有其独特的优势,即使在盐碱地上也能生长良好;根系发达具有抗干旱及保持水土的作用;其土壤适应性较强,适于非耕地粗放种植管理;为此,充分利用吉林省西部荒地、盐碱地等,以提高单产和糖分含量、降低原料成本为目标,培育菊芋等能源专用作物新品种;实现原料供应的多元化,支持非粮作物原料生产燃料乙醇;为替代玉米实现燃料乙醇可持续发展提供技术支撑和保障。对保障粮食安全与能源安全的战略需要有重大意义。通过对菊芋糖料、燃料乙醇加工和副产品综合利用等关键环节重点攻关,构建菊芋循环利用模式,将在种质资源、品种选育、栽培技术、糖料、燃料乙醇加工和副产品综合利用等方面实现创新,推动非粮能源作物菊芋的产业化发展,加速生物质能等战略性新兴产业规模化的进程。综合分析认为吉林省种植非粮能源作物以菊芋为优。

### 4 菊芋产业的应用前景

2007 年 4 月国家发展与改革委员会在发布的《生物产业发展“十一五”规划》中,已将菊芋列为重点发展的能源作物之一,支持以菊芋这一非粮作物生产燃料乙醇。规划提出,应充分利用北方沙荒地、盐碱地等边际土地,以提高单产和糖分含量、降低原料成本为目标,培育一批能源专用菊芋新品种,实现规模化和基地化种植。

同时,随着以菊芋为原料的菊粉加工业的迅速发展和生物燃料、饲料加工业的兴起,菊芋的需求量将越来越大。比如要基本满足当前国内菊粉需求及少量出口东南亚市场,需要年产菊粉 50 万 t,则菊芋种植面积需要达到 10 万  $\text{hm}^2$  以上。另外,要以菊芋为原料生产生物乙醇 100 万 t,则菊芋种植面积需要达到 23.33 万  $\text{hm}^2$  以上。从产业发展前景看,如果在吉林省西部盐碱沙地建立菊芋新品种选育及高产栽培示范推广 666.67  $\text{hm}^2$ ,年产菊芋块茎 2 t,产值在 2 000 万元,秸秆(干重)10 000 t 以上,产值 150 万元以上,种植总计年产值 2 150 万元以上;建年产 5 000 t 菊粉的生产线,需菊芋块茎 40 000 t;年加工规模 5 000 t,年加工成本 6 672.56 万元,年销售总收入为 1.22 亿元,年利税 5 329.44 万元,纯利润为



4 263.55 万元。目前菊粉市场价格在 3~5 万元/t,加工成本为 2 万元/t;如果再加上菊芋秸秆发酵饲料和固化燃料等产生的效益,菊芋生产的利润空间相当巨大。

综上所述,菊芋已成为吉林改良西部盐碱沙地最具产业化前景的耐盐高效能源植物之一。首先利用菊芋等生物途径改良吉林省西部盐碱地是最好选择,通过种植菊芋,使吉林西部盐碱荒地变为绿洲,变劣势资源为优势资源;二是通过在吉林省西部大面积盐碱沙地进行菊芋能源植物生产,带动形成菊芋盐碱沙地规模化种植、养殖及菊芋生物炼制精深加工产品生产的种、养、加产业链,既能解决能源作物生产加工等与人争粮与农争地的矛盾,也为改良土壤和改善西部环境提供了必要技术支撑,在保护生态环境的同时,实现生态环境与经济收益的双丰收,使其经济、社会、生态效益实现最大化。因此,菊芋在改良土壤、防风固沙及改善生态环境等方面应用市场广阔,前景诱人。

(该文作者还有任英,单位吉林省农业科学院洮南综合试验站。)

#### 参考文献

- [1] Wall D A, Kiehn F A, Friesen G E. Control of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) in barley (*Hordeum vulgare*) [J]. Weed Sci, 1986, 34: 761-764.
- [2] Wyse D L, Young F L, Jones R J. Influence of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) density and duration of interference on soybean (*Glycine max*) growth and yield [J]. Weed Sci, 1986, 34: 243-247.
- [3] 巴合提·加布克拜, 阿衣达尔, 古丽白拉. 用菊芋饲养细毛羔羊的对比试验[J]. 草食家畜, 2001(3): 42-47.
- [4] 马玉明, 马世威, 马文元. 菊芋的开发利用价值[J]. 林业实用技术, 2002(3): 17-18.
- [5] 马家津, 吕跃钢. 以菊芋为原料利用固定化酶和细胞两步法发酵生产乙醇[J]. 北京工商大学学报(自然科学版), 2004, 22(6): 8-10.
- [6] Swanton C J, Cavers P B. Biomass and nutrient allocation Patterns in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) [J]. Can J Bot, 1989, 67:

2880-2887.

- [7] Baldini M, Danusof, Turim, et al. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers [J]. Industrial Crops and Products, 2004, 19(1): 25-40.
- [8] Stolzenburg. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) - Rohstoff für die Ethanolgewinnung [EB/OL]. 2010 - 07 - 09, <http://www.lap-forchhemi.de/>.
- [9] Curt M, Aguado P, Sanz M, et al. Clone precocity and the use of *Helianthus tuberosus* L. stems for bioethanol [J]. Industrial Crops and Products, 2006, 24(3): 314-320.
- [10] 李莉, 钟启文, 马本元, 等. 播期与密度对沙地菊芋产量的影响[J]. 青海科技, 2006, 11(2): 13-14.
- [11] 刘兆普, 隆小华, 刘玲, 等. 海岸带滨海盐土资源发展能源植物资源的研究[J]. 自然资源学报, 2008(23): 9-14.
- [12] 侯全刚, 李江, 李莉, 等. 种植密度对菊芋植物学性状及产量的影响[J]. 青海科技, 2005(1): 24-25.
- [13] 钟启文, 王怡, 王丽慧, 等. 菊芋生长发育动态及光合性能指标变化研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(9): 1843-1848.
- [14] Saengthongpinit W, Sajjanatakul T. Influence of harvest time and storage temperature on characteristic of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers [J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 37(1): 93-100.
- [15] 吴成龙, 周春霖, 尹金来, 等. 碱胁迫对不同品种菊芋幼苗生物量分配和可溶性渗透物质含量的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(3): 901-909.
- [16] Demel R A, Dorrepaal E, Ebskamp M J M, et al. Fructans interact strongly with model membranes [J]. Biochim Biophys Acta, 1998, 1375: 36-42.
- [17] Vereyken I J V, Chupin R A, Demel S C, et al. Fructans in the head groups of phospholipids [J]. Biochim Biophys Acta, 2001, 1510: 307-320.
- [18] 隆小华, 刘兆普. 盐生能源植物菊芋研究进展[J]. 海洋科学展, 2005, 23(z1): 80-85.
- [19] 隆小华, 刘兆普, 郑青松, 等. 不同浓度海水对菊芋幼苗生长及生理生化特性的影响[J]. 生态学报, 2005(25): 1881-1889.
- [20] 隆小华, 刘兆普, 徐文君. 海水处理下菊芋幼苗生理生化特性及磷效应的研究[J]. 植物生态学报, 2006, 30(2): 307-313.

## A Non-grain Energy Plant *Jerusalem artichoke* in Improving the Salt Alkaloid Sand in West Jilin and Its Application Prospect

LIU Peng<sup>1</sup>, WANG Xiu-fei<sup>1</sup>, ZHANG Wei-dong<sup>1</sup>, XU Chang-hong<sup>2</sup>, HAN Xi-guo<sup>2</sup>, ZHANG Yong-feng<sup>1</sup>, REN Ying<sup>2</sup>

(1. Countryside Energy and Ecology Research Institute, Jilin Academy of Agriculture Science, Changchun, Jilin 130033; 2. Taonan Synthesis Test Station, Jilin Academy of Agriculture Science, Taonan, Jilin 137100)

**Abstract:** On the basis of a brief introduction of bioecology characters and utilization value of *Jerusalem artichoke*, the utilization status and development trend were summarized; as a kind of drought resistance and salt resistance plant, the necessity and significance of *Jerusalem artichoke* in the salt alkaloid sand government, the ecological agriculture development and the non-grain biology mass energy source base construction and so on in west Jilin were discussed. *Jerusalem artichoke* industry, its product and the market technical demand, its application prospect in improving the salt alkaloid sand in west Jilin were analyzed.

**Key words:** *Jerusalem artichoke*; non-grain energy plant; drought resistance; salt tolerance; west Jilin