

孙建国, 张焕仕, 宰学明, 等. 耐盐经济植物海滨锦葵综合利用研究进展 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 440–442.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.10.136

# 耐盐经济植物海滨锦葵综合利用研究进展

孙建国<sup>1</sup>, 张焕仕<sup>2</sup>, 宰学明<sup>3</sup>, 钦佩<sup>4</sup>, 何林池<sup>5</sup>, 张卫明<sup>2</sup>

(1. 江苏海力发生物科技有限公司, 江苏南京 211300; 2. 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所)/

南京野生植物综合利用研究院, 江苏南京 210042; 3. 金陵科技学院园艺学院, 江苏南京 210038;

4. 南京大学盐生植物实验室, 江苏南京 210093; 5. 江苏沿江地区农业科学研究所, 江苏南通 226541)

**摘要:**海滨锦葵(*Kosteletzkya virginica*)是优良的耐盐经济植物,对开发盐土资源、发展盐土农业有重要的研究和应用价值。综述了我国 20 多年来开发利用海滨锦葵种子、叶片、茎秆、块根、花朵等方面的研究现状和发展趋势。

**关键词:**海滨锦葵; 综合利用; 耐盐植物; 研究进展

**中图分类号:** S565.909.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)10-0440-03

海滨锦葵(*Kosteletzkya virginica*)是锦葵科锦葵属草本植物,天然分布于美国东部沿海的特拉华州至得克萨斯州的盐沼海岸带。海滨锦葵作为开发利用海滨滩涂的候选物种之一,在 1992 年由南京大学钦佩教授引种至我国,目前其分布区域已从最初引种地江苏省北部沿海滩涂扩展到山东省黄河入海口湿地和辽宁省滩涂区等地。该物种的天然分布区基质含盐量在 0.3%~2.5%<sup>[1]</sup>,而研究发现其植株用 0.5%~1.5% 的盐水浇灌也能生长良好,在 2.5% 的土壤盐度条件下产量仍可达 1 460 kg/hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>。在我国长达 20 多年的种植结果表明,海滨锦葵不仅耐盐,还具有抗旱、抗虫、耐涝等多重抗逆特性,且植株粗壮分枝多,株高 1.5~2.0 m,花大而多、花期长,地下块根膨大而发达,为多年生宿根植物。

近年来,国内以南京大学为首的各科研机构对海滨锦葵的引种育种<sup>[3-4]</sup>、生物特性<sup>[5]</sup>、耐盐生理<sup>[6]</sup>、栽培生理<sup>[7]</sup>、生态功能<sup>[8]</sup>及综合开发利用<sup>[9]</sup>等方面进行了大量研究和应用。随着江苏沿海大开发上升为国家战略,为充分利用大量有待开发的盐土资源发展可持续性盐土农业,提高海滨滩涂地区人民的生态和经济效益,本研究总结了我国综合开发利用海滨锦葵的研究进展和发展趋势。

## 1 种子利用研究

海滨锦葵种子黑色、肾形,含有丰富的营养成分<sup>[10]</sup>,如蛋白质含量高达 27.4%~29.6%,其中籽粒粗蛋白含量在 24% 左右;还含有谷氨酸、天冬氨酸和精氨酸等多种氨基酸,且不饱和脂肪酸含量高达 70%,明显大于饱和脂肪酸含量

(30%);种子 K、Ca 含量仅略低于大豆,却远大于其他一些常见农作物(如大米、小麦、大麦);这种优质蛋白符合人体与动物的需要,既可做优质饲料,也可开发低 Na 高 K 的保健品,有利于对高血压的控制。此外,采用超声波法、DEAE-纤维素柱层析和浓度梯度洗脱模式等一系列方法从锦葵种子中提取分离的活性蛋白表现出较好的促进脾淋巴细胞增殖和抑制 HepS 细胞增殖的生物活性,依据这些生物活性可根据需要制成胶囊、片剂、口服液、针剂等保健品、药品<sup>[11]</sup>。

海滨锦葵还被誉为“生物柴油”植物。所谓生物柴油就是可再生的油脂资源(如动植物油脂、微生物油脂以及餐饮废油等)经过化学改性得到的液体燃料,其性能与普通柴油非常相似,是优质的石化燃料替代品<sup>[12]</sup>。海滨锦葵在美国的种子产量为 800~1 500 kg/hm<sup>2</sup>、含油量为 22%<sup>[2]</sup>,在国内阮成江等采用系统选育的方法已选育出滩涂种子产量为 957 kg/hm<sup>2</sup>、种子含油量达 20% 以上的海滨锦葵新品系<sup>[4]</sup>。由于海滨锦葵的种植可以利用盐碱滩涂地,具有不与粮食作物争地等优点,因此可以作为生物柴油原料,具有很大的发展潜力。聂小安等利用气相色谱及化学分析法研究了海滨锦葵油合成生物柴油工艺,并分析了海滨锦葵油生物柴油的燃烧性<sup>[13]</sup>。结果表明,采用生物柴油与化工产品综合生产线,所得生物柴油十六烷值达 56,硫的质量分数为 0.003 8%,主要技术指标达到甚至超过 GB/T 20828—2007《柴油机燃料调合用生物柴油(BD100)》标准要求。杨庆利等也研究确定了海滨锦葵油制备生物柴油的最佳工艺参数,并在超声波辅助下对制备工艺进行了优化,使酯交换率达到 99.85%<sup>[14-15]</sup>。为了提高海滨锦葵籽的利用价值,杨庆利等研究确定了超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取技术提取海滨锦葵籽油的最佳工艺参数,其得率达到 19.35%,而利用水酶法提取海滨锦葵籽油的得率则达到了 24.281%<sup>[16-17]</sup>。

## 2 叶片利用研究

在海滨锦葵引种过程中,通过对其病虫害发生规律的系统调查发现,在周围杂草被害虫大量啃噬的情况下,海滨锦葵植株上的害虫种类和数量却很少,害虫种群发展缓慢。据此推测,海滨锦葵体内可能存在某些抗虫或具有驱虫、杀虫生物

收稿日期:2014-10-26

基金项目:江苏省自然科学基金面上项目(编号: BK20141064);土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放基金(编号: Y412201406);江苏省南通市农业科技创新与产业化项目(编号: HL2013029);江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(14)2048]。

作者简介:孙建国(1969—),男,江苏南京人,工程师,研究方向为盐生植物资源利用。

通信作者:张焕仕,博士,副研究员,研究方向为植物资源利用和土壤生态学。E-mail: zhanghuanshi@126.com。

活性的物质。周福才等用海滨锦葵叶片的乙醇粗提物处理烟粉虱成虫,结果表明乙醇粗提物对烟粉虱谷胱甘肽转移酶和羧酸酯酶均有明显影响,提取液的 250 倍液对烟粉虱成虫具有明显的驱避作用<sup>[18]</sup>。这显示出海滨锦葵叶片提取物开发为植物保护剂具有一定可行性。此外,钦佩和朱海亮利用海滨锦葵叶片含有活性多糖、黄酮、皂甙类化合物的特性,采用鲜叶浸泡或干燥叶片提取物炮制酒等方式制备海滨锦葵药酒<sup>[19~20]</sup>。这种药酒具有海滨锦葵特有的独特风味口感,并有增强免疫的功效,开创了新的酒类饮品市场。

### 3 茎秆利用研究

目前我国森林面积急剧缩小,木材供给能力大幅度下降,而随着经济的快速发展和人们生活水平的不断提高,板材消费量不断增加。为保护森林资源、保护环境,国家积极引导和鼓励利用非木纤维板以代替木质纤维板。海滨锦葵植株高达 1.5~2.0 m,茎秆半木质化,生物量达 79.32 t/hm<sup>2</sup>,是非木纤维的重要来源。钦佩等发明了利用海滨锦葵秸秆和环保型胶黏剂异氰酸酯为主要原料生产中密度纤维板的方法<sup>[21]</sup>。这种方法一方面克服了大量固化农作物秸秆不能还田的不足,使更多农作物秸秆能用做家畜饲料或有机肥还田;另一方面在纤维板生产过程中,海滨锦葵秸秆可溶性提取物也被提取出来作为添加剂用作食品、饲料、医药,进一步提高了海滨锦葵的经济附加值。宰学明等则利用海滨锦葵秸秆发酵制作成人工草炭,以用于农业生产中的育苗基质或栽培基质<sup>[22]</sup>。

研究表明,海滨锦葵茎皮占茎秆的 13%~17%,通过单细胞纤维形态的分析,可知茎皮单细胞纤维长度为 1.5~8 mm,聚合度也好,是优良的纺织原料。樊理山等对海滨锦葵韧皮采用“除杂—浸酸预处理—碱煮—水洗—皂洗—水洗—给油—烘干—后处理”的工序制取的锦葵韧皮纤维长度为 35~45 mm,细度为 2.8~3.5 dtex,强度接近于苧麻,达到 4.5~6 cN/dtex<sup>[23]</sup>。利用这种锦葵纤维和棉纤维混纺制成的纱线织制的机织物不仅平挺、耐磨,而且具有抗菌等功能<sup>[24]</sup>。而采用锦葵纤维和海藻纤维混纺纱所制成的织物则具有较好的吸湿透气性、抗皱性、手感柔软及抑菌、远红外保健及防辐射功能<sup>[25]</sup>。

海滨锦葵茎皮中还含有大量果胶,可在食品、医药、纺织及日化等行业广泛应用。赵磊等采用盐酸、硫酸及酒石酸酸的稀释溶液对锦葵茎皮进行提取,所获得的茎皮果胶与桑皮果胶成分基本相同<sup>[26]</sup>。真丝织物经过锦葵茎皮果胶容易整理后,织物风格产生一定的变化,具有良好的防紫外性能,且拉伸性能也有所提高。近期,赵磊等又对锦葵茎皮果胶的提取工艺进行了优化,纯棉织物经果胶溶液整理后的防紫外性能进一步提高<sup>[27]</sup>。

### 4 块根利用研究

海滨锦葵的地下块根特别发达,美国东部印第安土著有用其治疗上呼吸道炎症的习惯,且可生食、可烹炸、可作茶饮,焙干碾碎后可用来制作糖果和口香糖以增加胶黏度<sup>[28]</sup>,平时被用作蔬菜食用,饥荒时可作为主食,根部浸出液可浓缩至蛋清状并替代蛋清使用。目前已有研究表明,海滨锦葵块根含三大类活性成分——多糖、总黄酮、皂苷,具有很好的增强机

体免疫力及抗炎功效<sup>[29~32]</sup>。李思宇等采用超声波法对块根中的皂苷和多糖进行粗提,通过大孔树脂柱层析法和 DEAE-纤维素柱层析分别对皂苷粗提取物和粗多糖溶液进行提纯,并测定了皂苷和多糖的免疫功能,结果表明,海滨锦葵块根皂苷提取率为 0.089%,粗多糖提取率为 5.10%;海滨锦葵块根皂苷及皂苷元有抑制小鼠 HepS 增殖的作用,多糖能显著促进淋巴细胞体外增殖<sup>[29]</sup>。张焕仕等研究认为,锦葵块根所含黄酮类化合物主要属于黄酮或黄酮醇类,经过分离提纯的总黄酮在 60 g/mL 时对小鼠胸腺和脾脏淋巴细胞增值起显著促进作用,在 80 g/mL 时对于肿瘤细胞增殖具有较强的抑制作用<sup>[30]</sup>。此外,将海滨锦葵块根粉按 0.5%、1% 添加量加入猪饲料中饲喂断奶仔猪 1 个月后,与对照组相比,添加酶制剂组、0.5% 海滨锦葵块根粉组和 1% 海滨锦葵块根粉组的猪瘟疫苗抗体效价分别提高了 15.27%、18.18% 和 51.54%<sup>[31]</sup>。对肉仔鸡的添加饲喂试验也得到了类似结果<sup>[32]</sup>。吴双等研究得出锦葵块根的乙酸乙酯提取物具有较强的抗氧化活性,其中的总黄酮和总酚含量分别达到 49.24、50.3 mg/g<sup>[33]</sup>。这表明海滨锦葵可作为天然的抗氧化物质资源,具有潜在的开发利用价值。

香豆素并木脂素(coumarino-lignoid)为近年来发现的具有抗肿瘤、保肝、抑菌和抗氧化等生物活性的一类化合物。陈雨等通过有机溶剂或水提取、低极性溶剂萃取、大孔树脂柱层析等方法从海滨锦葵块根或茎叶中得到的木脂素提取物含有 Jatrocinn B、臭矢素 A、臭矢素 B、臭矢素 C、臭矢素 D 或丁香树脂酯等成分<sup>[34]</sup>。此外,从锦葵块根中还分离出 1 种新杜松烷型倍半萜类化合物,命名为海滨锦葵素(virginicin)<sup>[35]</sup>。该化合物对大丽轮枝菌具有较强杀灭作用,可用于棉花黄萎病的防治。鉴于海滨锦葵块根具有很好的增强机体免疫力、抗炎、抗癌及其他生物活性,朱海亮等利用锦葵块根制作成果酒、药酒等酒类饮品<sup>[36]</sup>;邱启程等则开发出了含海滨锦葵成分的玉米乳<sup>[37]</sup>。

### 5 花朵利用研究

海滨锦葵的花期较长(2~3 个月),花朵较大,盛开时有约 5.27 cm 的直径,呈粉红、紫红和白色,通常每朵花在清晨 05:00 开花,下午 16:00 闭花,具有很好的美化景观价值。可见,稳定的规模化的海滨锦葵植被对于海滨盐土旅游业、养蜂业也是一个很好的选择。实际上,南京大学朱海亮课题组目前已从海滨锦葵花朵中分离出了若干令人振奋的新化合物,有望为我国生物医药研发提供更多的选择。

### 6 其他利用研究

目前已有多种耐盐林木能在适当盐度的海滨盐土上栽植,但是在土壤盐度高于 0.5%~1.0% 的海滨盐土中,少有树种能引种成活;而海滨锦葵能耐受 1.0% 以上的盐渍胁迫,并且具有抗旱、抗涝、抗虫等多重抗性,因此,海滨锦葵可作为海滨盐土美化绿化、盐土改良,甚至是碳汇林的先锋植物。周建等在研究种植条件下海滨盐土理化性状与生物学特征时发现,海滨锦葵种植 3 年后盐土电导率明显下降,有机质含量显著升高,对土壤有明显改良作用<sup>[38]</sup>。吴向华研究发现,种植海滨锦葵改变了海滨盐土的通气性和透水性,有利于养分转

化,同时为土壤微生物和作物根系呼吸提供条件<sup>[39]</sup>。周明曦等的调查也表明,外来种海滨锦葵可以与本土植物良好共生,从而改善江苏省海滨盐土植物多样性<sup>[8]</sup>。另有研究证明,海滨锦葵在盐土中具有修复重金属污染的潜质<sup>[40]</sup>。

## 7 结论

具有多重抗性的海滨锦葵集油料、饲料、医药和观赏价值于一身,在沿海滩涂或盐碱地上进行种植,不但可以发挥其绿化美化海滨滩涂、改良利用盐碱荒地、降低碳排放的生态价值,还可以在能源、饲料、纺织、医药、食品、保健品、日化等众多行业的生物基产品产业链的开发中创造巨大的经济价值。因此,将来通过分子生物技术、超临界流体萃取、酶工程技术以及半仿生提取法等高新技术方法的应用,对海滨锦葵高产品系、生物活性成分、生态功能等进一步发掘,这一外来物种必将有力地促进我国盐土农业更好更快的发展。

## 参考文献:

- [1] Poljakoff - Mayber A, Somers G F, Gallagher J L. Seeds of *Kosteletzkyia virginica* (Malvaceae): their structure, germination and salt tolerance. I. Seed structure and germination[J]. Am J Bot, 1992, 79(3): 249 - 256.
- [2] Gallagher J L. Halophytic crops for cultivation at seawater salinity[J]. Plant and Soil, 1985, 89(1/2/3): 323 - 336.
- [3] 徐国万, 钦 佩, 谢 民, 等. 海滨锦葵(*Kosteletzkyia virginica*)的引种生态学研究[J]. 南京大学学报, 1996, 32(2): 268 - 274.
- [4] 阮成江, 钦 佩, 韩睿明. 耐盐油料植物海滨锦葵优良品系选育[J]. 作物杂志, 2005(4): 71 - 72.
- [5] 阮成江, 钦 佩, 韩睿明. 海滨锦葵的滞后自花授粉策略[J]. 科学通报, 2004, 49(24): 2620 - 2622.
- [6] 党瑞红, 周俊山, 范 海. 海滨锦葵的抗盐特性[J]. 植物生理学通讯, 2008, 44(4): 635 - 638.
- [7] 任燕燕, 连俊方, 闫道良. 施氮对海滨锦葵盐胁迫下生物量分配特征及其关联的影响[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(6): 52 - 54, 94.
- [8] 周明曦, 王 猛, 燕 志, 等. 海滨锦葵种植系统的植物多样性分析[J]. 生态与农村环境学报, 2013, 29(4): 489 - 493.
- [9] 董必慧, 刘玉楼. 沿海地区主要柴油植物——海滨锦葵的生物学特性及开发利用[J]. 江苏农业科学, 2010(2): 374 - 375.
- [10] 阮成江, 钦 佩, 陈景文, 等. 海滨锦葵种子营养成分分析[J]. 作物学报, 2004, 30(9): 901 - 905.
- [11] 张焕仕, 李思宇, 谢银, 等. 海滨锦葵籽粒蛋白的分离、纯化及其生物活性研究[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25: 1685 - 1689.
- [12] 朱建良, 张冠杰. 国内外生物柴油研究生产现状及发展趋势[J]. 化工时刊, 2004, 18(1): 23 - 27.
- [13] 聂小安, 蒋剑春, 高一苇, 等. 海滨锦葵油生物柴油的制备及性能分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2008, 32(1): 72 - 74.
- [14] 杨庆利, 禹山林, 秦 松. 海滨锦葵油制备生物柴油工艺条件优化[J]. 中国生物工程杂志, 2008, 28(10): 90 - 94.
- [15] 杨庆利, 禹山林, 秦 松. 超声波辅助下海滨锦葵油制备生物柴油工艺的优化[J]. 石油化工, 2008, 37(11): 1147 - 1151.
- [16] 杨庆利, 禹山林, 秦 松. 超临界 CO<sub>2</sub> 流体萃取海滨锦葵籽油的

- 工艺条件优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 253 - 257.
- [17] 杨庆利, 秦 松. 水酶法提取海滨锦葵籽仁油工艺条件优化[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(3): 197 - 201.
- [18] 周福才, 周桂生, 李传明, 等. 三种生物质能源植物组织的乙醇提取液对烟粉虱生物活性的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(3): 603 - 608.
- [19] 钦 佩, 朱海亮. 一类海滨锦葵新鲜叶片炮制酒及其制备方法: 中国, 201410095093.0[P]. 2014 - 07 - 02.
- [20] 钦 佩, 朱海亮. 一类海滨锦葵干燥叶片提取物炮制酒及其制备方法: 中国, 201410095095.X[P]. 2014 - 07 - 02.
- [21] 钦 佩, 王 光, 万树文. 利用海滨锦葵秸秆生产的中密度纤维板及其制备方法: 中国, 200610088337.8[P]. 2007 - 01 - 03.
- [22] 宰学明, 李玉萍, 孙丽娟, 等. 一种利用海滨锦葵秸秆制备的人工草炭及制备方法和应用: 中国, 201410047235.6[P]. 2014 - 05 - 07.
- [23] 樊理山, 钦 佩, 周 彬, 等. 一种海滨锦葵韧皮纤维纺纱及生产方法: 中国, 201210253050.1[P]. 2012 - 11 - 07.
- [24] 樊理山, 周红涛, 周 彬. 一种海滨锦葵韧皮纤维和棉纤维混纺纱线及其生产方法: 中国, 201310147437.3[P]. 2013 - 07 - 10.
- [25] 樊理山, 钦 佩, 周 彬, 等. 一种锦葵韧皮纤维、海藻纤维混纺纱机织物及生产方法: 中国, 201210253044.6[P]. 2012 - 11 - 07.
- [26] 赵 磊, 刘 华, 樊理山, 等. 锦葵茎果皮胶的提取及其对真丝织物的整理[J]. 丝绸, 2013, 50(7): 12 - 16.
- [27] 赵 磊, 刘 华, 樊理山, 等. 锦葵茎果皮胶的提取及其对纯棉织物的应用[J]. 印染助剂, 2014, 31(1): 42 - 44.
- [28] Chie J R. Encyclopaedia of medicinal plants[M]. MacDonald, 1984.
- [29] 李思宇, 袁亚光, 钦 佩, 等. 海滨锦葵块根皂苷及多糖的分离、纯化及对细胞增殖活性的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2013, 25(1): 87 - 91.
- [30] 张焕仕, 刘 鑫, 钦 佩, 等. 海滨锦葵块根总黄酮的提取鉴别及其对细胞增殖活性的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2014, 26(4): 486 - 489.
- [31] 李蛟龙, 徐昊翔, 尹茂文, 等. 海滨锦葵块根粉和酶制剂对断奶仔猪生长和免疫的影响[J]. 中国兽医学报, 2014, 34(2): 331 - 334.
- [32] 李蛟龙, 徐昊翔, 尹茂文, 等. 海滨锦葵块根粉对肉仔鸡生长和免疫性能的影响[J]. 家畜生态学报, 2013, 34(7): 25 - 29.
- [33] 吴 双, 印 敏, 单 宇, 等. 海滨锦葵提取物体外抗氧化作用研究[J]. 食品科技, 2014, 39(5): 193 - 197.
- [34] 陈 雨, 赵友谊, 王 鸣, 等. 海滨锦葵木脂素提取物、其制备方法及其应用: 中国, 201210315017.7[P]. 2013 - 01 - 09.
- [35] 陈 雨, 冯 煦, 赵友谊, 等. 一种海滨锦葵倍半萜化合物及其制备方法: 中国, 201310211385.1[P]. 2013 - 10 - 16.
- [36] 朱海亮, 钦 佩, 秦亚娟, 等. 海滨锦葵块根在制酒中的应用: 中国, 201210242839.7[P]. 2014 - 01 - 29.
- [37] 邱启程, 唐明霞, 陆虎华, 等. 含海滨锦葵、桑叶成分的玉米乳及其生产方法: 中国, 201210359146.6[P]. 2012 - 12 - 19.
- [38] 周 建, 李 刚, 钦 佩, 等. 种植条件下海滨盐土理化性状与生物学特征[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 964 - 97.
- [39] 吴向华. 苏北海滨盐土对 3 种耐盐植物种植的响应研究及其微生物资源化利用探索[D]. 南京: 南京大学, 2012.
- [40] Han R M, Lefèvre I, Ruan C J, et al. Effects of salinity on the response of the wetland halophyte *Kosteletzkyia virginica* (L.) Presl. to copper toxicity[J]. Water Air Soil Pollut, 2012, 223: 1137 - 1150.