

生物质能源甜高粱的研究进展

姜 慧¹, 胡瑞芳¹, 邹剑秋², 李玥莹¹

(1. 沈阳师范大学 化学与生命科学学院, 辽宁 沈阳 110034; 2. 辽宁省农业科学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要:甜高粱是全球目前最重要的能源植物之一。对甜高粱的抗逆性强、生物产量高、含糖量高、适应面广的特性和用作能源、饲料、糖料、酿酒等用途进行了归纳总结;并从甜高粱的资源、育种、生理生化三方面阐述了目前甜高粱的研究现状,在全球能源岌岌可危情况下从粮食安全、可再生的环保能源利用和产业结构的调整等方面分析了其发展前景。

关键词:甜高粱;生物学特征;用途;研究现状;发展前景

中图分类号:S566.5

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2012)02-0139-03

甜高粱[*Sorghum bicolor* (L.) Moench]也叫芦粟、芦穄、芦黍、雅津甜高粱、甜秆、高粱甘蔗,为粒用高粱的一个变种。甜高粱不但具有生物产量高、抗逆性强和含糖量高等生物学特性,而且甜高粱茎秆可用于制糖、酿酒和制酒精燃料、造纸以及用作饲料等,具有很广泛的应用价值,是近年来一种新兴的糖料作物、饲料作物、能源作物和产业作物,其对全球经济发展和环境保护具有重要的意义。现对甜高粱的生物学特征、用途和研究现状进行了阐述,并对其发展前景进行了详细的分析。

1 甜高粱的生物学特征

1.1 生物产量高

甜高粱是一种四碳(C₄)作物,与三碳作物相比,其光合效率高、光呼吸弱,CO₂的利用率大,并且其CO₂补偿点低。甜高粱的干物质积累与甘蔗、玉米相比也是很高的。此外,甜高粱不但具有穗和茎两个生物量贮藏库,而且有强大的杂种优势,因此其生物学产量最高^[1]。

1.2 抗逆性强

甜高粱起源于非洲热带大陆,那里气候炎热干燥,土壤贫瘠,这种特殊复杂的环境使甜高粱具有了很强的抗逆境能力。首先在抗旱方面,有人称甜高粱为作物中的“骆驼”,指的是特别耐旱。

甜高粱茎秆粗壮,根系发达,并且两者都有较高的渗透压,因此从土壤中吸收水分的能力很强。甜高粱的蒸腾系数为305,玉米的蒸腾的系数为369;甜高粱的蒸腾效率为3.28,玉米的蒸腾效率为2.71^[1]。说明甜高粱比较耐旱。其次,在耐涝方面,与其它作物相比,甜高粱的耐涝能力也是较强的,尤其是在生长后期的耐涝能力表现最为明显,一般情况下,只要穗部不被水淹没,基本不会影响其正常的生长和发育。例如在水淹时,甜高粱在抽穗期、灌浆期、乳熟期这3个时期都能维持很长时间,而其它作物耐涝性较弱。第三,在耐盐碱方面,甜高粱对土壤有很强的适应能力,不同品种的甜高粱在pH 5.0~8.5都能很好地生长。据研究证明,甜高粱耐盐浓度为0.5%~0.9%,玉米为0.3%~0.7%,小麦0.3%~0.6%,水稻0.3%~0.7%。从中可以看出,甜高粱的耐盐碱度均高于其它作物,具有很强的抗逆境能力。

1.3 茎秆汁液含糖量高

甜高粱茎秆发达,里面含的汁液也非常丰富,汁液中含有较多种类的糖,并且其含糖量也很高,但不同种类的甜高粱含糖量不同,而且其糖分既可制取食用糖也可用来制酒。

1.4 适应面广

由于甜高粱具有抗旱、抗涝和抗盐碱的能力,因此,甜高粱具有广泛的种植范围。无论是在干旱、半干旱易涝地区,还是在土壤贫瘠、盐碱地严重的地区都能较好的生长。

2 甜高粱的用途

2.1 甜高粱可作能源

随着全球经济的飞速发展,全球能源消耗过大,进而导致了能源危机。因此,可再生能源的开发成为了全球共同关注的焦点。而甜高粱作为能源作物在世界能源紧缺的情况下发挥了重要的

收稿日期:2011-10-27

基金项目:辽宁省自然科学基金资助项目(20092070);沈阳市科技局国际合作资助项目(1091241-6-00);辽宁“百千万人才工程”资助项目(2008921058)

第一作者简介:姜慧(1986-),女,辽宁省本溪市人,硕士,从事甜高粱分子标记和抗氧化酶活性的研究。E-mail:jianghui1231@126.com。

通讯作者:李玥莹(1966-),辽宁省沈阳市人,博士,教授,硕士研究生导师,从事基因工程与植物分子生物学研究。E-mail:yueyinglicn@yahoo.com.cn。

作用。

甜高粱是目前最理想的能源植物,其茎秆、种子都可以生产酒精。甜高粱茎秆中汁液丰富,含糖量高,可以通过发酵形成酒精或酒制取的酒精与汽油相混合来作为汽车燃料,不仅减轻了石头的负担,而且也减少了二氧化碳的排放,起到环境保护的作用,因此甜高粱是一种取之不尽的再生而又环保的能源库。此外,生产甜高粱的成本低、产量高,这大大降低了生产乙醇的成本。利用玉米作原料生产乙醇,每升乙醇需玉米 2.4 kg,原料费 4.5 元,而利用甜高粱每升需秸秆 12 kg,原料费仅 3 元^[2]。由此可见,甜高粱是一个很好的能源作物。

2.2 甜高粱可作饲料

甜高粱作为饲料有以下优势:首先,甜高粱生物学产量高,国外高产纪录为 169 005 kg·hm⁻²,国内高产纪录产量 157 500 kg·hm⁻²^[3];其次,甜高粱的营养丰富,其体内含糖量、蛋白含量、无氮浸出物都比其它农作物高^[4];再次,甜高粱的叶片大而柔软,叶汁丰富,茎秆鲜嫩且含糖量高,是喂养家畜的优良饲料,同时也提高了家畜的质量。此外,甜高粱生产酒精后的茎秆余渣也可以喂养牲口,因为余渣有香味,易消化,富含营养,家畜喜食。而酿酒后的酒糟也是奶牛的好饲料,喂牛既省成本,还可增加鲜奶量。因此甜高粱作为一种优良的饲料作物对于发展畜牧业具有重要的意义。

2.3 甜高粱可作糖料

甜高粱茎秆中汁液丰富,约占 80%。水分中溶有蔗糖、葡萄糖、果糖等糖分,含糖量高,可榨取糖液,可用来生产糖浆和结晶糖。甜高粱作为糖料作物的利用已有很长一段历史,早在 18 世纪 40 年代,美国就用甜高粱制取砂糖。近年来,澳大利亚、墨西哥、意大利、以色列、印度、巴西、阿根廷、前苏联等国都把甜高粱作为糖料作物栽培^[5]。在我国,制糖业开始于 20 世纪 70 年代,由于当时食糖量供应不足,因此引起了国家有关部门的重视,并先后开展了制糖试验,取得了一定的成果^[6]。甜高粱由于其抗逆性强,因此在广大中原地区和缺乏糖源作物地区都可以种植,此外,甜高粱适应性广,凡能种甘蔗和甜菜的地区,都适合生长,这大大提高了甜高粱的种植面积,为我国提供了大量的食糖原料。

2.4 甜高粱可制酒

甜高粱茎秆中含有丰富的糖分汁液,可用来制酒,将其鲜秆粉碎加大曲发酵制酒,其经济效益更高,发酵时间一般只需 4~6 d,每公顷甜高粱可生产 60°的白酒 3 000 kg。此外,甜高粱制糖后的

残渣和废稀可以用来制酒。还可用甜高粱制糖后的残渣和废稀制酒。一般每 100 kg 残渣和废稀可以酿制 50°白酒 3~5 kg。目前,我国许多省市都建有甜高粱酒厂^[7]。

2.5 甜高粱的其它用途

甜高粱茎秆中的糖可用来制取味精,其优点是可省去由淀粉转化为葡萄糖的工序,只需将汁液中部分蔗糖转化为葡萄糖即可。如果甜高粱可产茎秆为 75 000 kg·hm⁻²,那么便可生产味精 3 657 kg·hm⁻²。

甜高粱茎秆汁液生产糖和酒精后的废渣液还可生产优质纸浆来造纸并且还可用作建板材的优质原材料。用甜高粱造纸的好处是不需要漂白就可生产出低亮的印刷纸,而且减少了造纸过程中对环境造成的污染。此外甜高粱具有高密度的纤维结构,可以制造出高质量的纸张,每产一吨酒精的甜高粱秆渣便可产 5 t 的纸浆。因此甜高粱为造纸业提供了丰富的原材料。

甜高粱还可用作锅炉的燃料,其热值为 7 531 kJ·kg⁻¹,每千克秆渣可生产 2.4 kg 蒸气,只要燃烧一半的秆渣即可完成加工自身的任务而无须别的能源,另一半秆渣还可用以造纸,而玉米、木薯在这方面却远不及甘蔗和甜高粱。另外,甜高粱经榨汁后的废渣可以作为食用菌的栽培原料,在阴郁潮湿的甜高粱地里栽培黑木耳,可节省很多原料和成本^[2]。

3 甜高粱的研究现状

3.1 资源研究

甜高粱资源丰富,既可作为能源开发利用,也可用作饲料,制酒等。甜高粱起源于非洲,在非洲已经有五千多年的栽培历史,并先后传入各国。国外已经有很多国家收集并保存了一批甜高粱的品种资源,并进行性状鉴定研究。例如美国已经对收集到的甜高粱品种的相关指标进行了检测,并筛选出了 39 个优良品种。而我国目前已经有 19 个省、市、区收集到 384 份甜高粱品种资源,并对它们进行了初步的鉴定。据资料报道,甜高粱品种资源的主要性状变异幅度较大:生育期在 85~146 d,株高在 167.4~384.9 cm,茎秆锤度在 5%~22%。单株秆重在 0.1~1.1 kg;茎秆出汁率在 45%~70%;单穗粒重在 20~70 g^[1]。

3.2 育种研究

为了提高甜高粱的生物学产量和增加茎秆汁液含糖量,很多国家都先后选育出了一批新品种。如美国的 Mer8122,巴西的 BR500、BR501,前苏联的 Slaropolskoe 59 等,印度的 SSV2525 等,甜高粱杂交种有 SS12B×296B 等^[1]。自从在国外引入新品种丽欧后,我国便开始了对甜高粱应用

的大量研究。随后,我国先后引进了凯勒、雷伊和 M281E 等。并且还自主研发了许多新品种,包括不育系和恢复系等。

3.3 生理生化研究

甜高粱生理方面的研究近几年主要集中在抗氧化酶系统中,通过多甜高粱抗氧化酶的研究,从而得到甜高粱的抗性大小,例如在逆境环境中,抗氧化酶活性随着逆境的增加而增加,但是当逆境达到一定的程度,抗氧化酶活性就会受到抑制,从而活性减弱。甜高粱的生化研究,主要集中在甜高粱的结构和化学成分,各种糖的分析上,例如蔗糖、还原糖、纤维素等的分析研究^[8]。

4 甜高粱的发展前景

4.1 甜高粱与能源危机及粮食安全

由于经济的飞速发展,能源的利用不断加剧,导致全球能源供不应求,尤其是石油的消耗速度更为迅速。据石油储量的综合估算,可支配的化石能源的极限,大约为 1 180 亿~1 510 亿 t,以 1995 年世界石油的年开采量 33.2 亿 t 计算,石油储量大约在 2050 年左右宣告枯竭。这就要求人类急需开发一种新型能源代替石油。而开发新型能源带来的环境污染也是人们急需面对的一大课题。那么,解决这一系列问题的重点在于开发利用可再生能源,而生物能源是目前最理想的一种能源。我国是一个人口庞大的国家,与此同时,我国的耕地面积也不断的减少,粮食产量供不应求。据研究表明,到 2030 年中国人口将超过 16 亿,粮食的年需求量将达到 6.4×10^8 t,如果想通过扩大生产面积来提高产量是不现实的,唯一的出路就是提高单位面积的生产量。现阶段,要想解决能源危机和粮食安全问题的关键是种植高能植物甜高粱。过去我们国家曾用陈粮来生产燃料,但是其效率远不及甜高粱。因此利用甜高粱生产燃料乙醇是目前一项重大课题。

4.2 甜高粱是减排的优良作物

用甜高粱制作酒精燃料的最大特点是降低了

空气中二氧化碳的含量,从而起到了环保的作用。近年来,由于工业化的进程不断加快,大气中二氧化碳的含量过大,对环境造成了严重的污染。专家指出,如果温室气体在大气中增长速度保持在目前态势,那么至 2100 年温度将上升 1.5~4.5℃,全球海平面将可上升 1 m 左右。世界上有些城市和岛屿,有可能招来灭顶之灾。甜高粱作为一种能源作物,其含硫量低,种植 1 hm² 甜高粱,每年可吸收 45 t 的 CO₂,种 1 hm² 甜高粱可生产 11 t 油当量的净能而没有任何 CO₂ 散发到大气中。

4.3 发展甜高粱有助于产业结构的调整

我国人口众多,而耕地面积却不断地减少。甜高粱抗逆性强,生物产量高,用同样的土地种植粮食作物,甜高粱的产量比玉米、甘蔗等高出很多倍。此外,甜高粱除了作为粮食外,还可以制酒、制糖、作为饲料和造纸的原料。甜高粱的诸多用途使得我国的产业结构得到了优化。

在全球能源紧缺的大形势下,甜高粱以其独特的优势在粮食作物中发挥着重要的作用,并且甜高粱的诸多特性也为全球的资源提供了良好的原材料,因此,发挥甜高粱的资源优势,对于解决能源以及其它一些问题提供了基本保障。

参考文献:

- [1] 卢庆善. 甜高粱研究进展[J]. 世界农业, 1998(5): 21-23.
- [2] 郭平银, 齐士军, 徐宪斌, 等. 能源植物甜高粱的研究利用现状及展望[J]. 山东农业科学, 2007(3): 125-128.
- [3] 刘晓辉, 高士杰, 杨明, 等. 浅谈甜高粱的利用价值[J]. 种子, 2006, 25(9): 98-99.
- [4] 石龙阁. 我国甜高粱产业发展前景分析[J]. 杂粮作物, 2007, 27(3): 242-243.
- [5] 鲁巍, 程哲明. 甜高粱制糖大有作为[J]. 中国糖料, 2002(1): 37-39.
- [6] 卢庆善. 甜高粱及其产业化问题和方略[J]. 辽宁农业科学, 1998(5): 24-28.
- [7] 王艳秋, 朱翠云, 卢峰, 等. 甜高粱的用途及其发展前景[J]. 杂粮作物, 2004, 24(1): 55-56.
- [8] 石永顺, 王艳秋, 王立新, 等. 加快甜高粱科研和生产开发[J]. 辽宁农业科学, 2004(3): 30-31.

Research Advances of Sweet Sorghum

JIANG Hui¹, HU Rui-fang¹, ZOU Jian-qiu², LI Yue-ying¹

(1. Chemistry and Life Science College of Shenyang Normal University, Shenyang, Liaoning 110034; 2. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: Sweet sorghum is one of the important energy plants in the world. Strong resistance, high biomass, wide range of applications and applications for energy, feed, sugar, wine and other purposes were summarized. The current status of resources, breeding, physiology and biochemistry of sweet sorghum were described. Aiming at the global energy crisis, the developing prospect was analyzed from food security, environmental protection, renewable energy and industrial structure adjustment and so on.

Key words: sweet sorghum; biological characteristics; purpose; main research; prospects