

李春宏,张培通,郭文琦,等.甜高粱青贮饲料研究与利用现状及展望[J].江苏农业科学,2014,42(3):150-152.

# 甜高粱青贮饲料研究与利用现状及展望

李春宏,张培通,郭文琦,殷剑美,韩晓勇

(江苏省农业科学院经济作物研究所,江苏南京 210014)

**摘要:**甜高粱作为青贮饲料具有诸多优势,本文对甜高粱用作青贮饲料的研究与利用现状进行了综述,包括以下几个方面:(1)甜高粱用作青贮的品种优势;(2)甜高粱青贮的关键技术;(3)甜高粱青贮饲料饲喂效果。并对甜高粱青贮饲料发展前景及今后的工作重点作一展望。

**关键词:**甜高粱;青贮饲料;研究与利用

**中图分类号:** S816.5<sup>+</sup>3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)03-0150-03

栽培甜高粱 [*Sorghum bicolor* (Linn.) Moench subsp. *bicolor*] 隶属于禾本科高粱族高粱属甜高粱种下的一个亚种<sup>[1]</sup>。甜高粱除具有普通高粱的一般特征外,其植株高大,茎秆中含有大量的汁液,含糖量为 11%~21%,是粒用高粱的 2~5 倍。甜高粱子粒可食用、饲用、酿酒;茎秆可做饲料、制糖、酿酒、饮料、提炼酒精的原料,秆渣还可饲用、制纸、制板、制造人造纤维等。甜高粱作为饲料、糖料、能源作物,极具开发价值<sup>[2]</sup>。

在甜高粱的诸多用途中,目前应用较为普遍首推青贮饲料,甜高粱作为青贮饲料具有转化率高、营养丰富的优势<sup>[3]</sup>。研究表明甜高粱青贮的干物质产量、蛋白质、有氧稳定性高于玉米青贮<sup>[4]</sup>,干物质降解率、中性洗涤纤维在反刍动物体内消化率也高于玉米青贮<sup>[5-6]</sup>,pH 值、乳酸含量与玉米青贮相近<sup>[7]</sup>。目前,一些国家和地区开始注重开发甜高粱的饲用价值。澳大利亚是一个畜牧业比较发达的国家,甜高粱已成为其主要的饲料作物,他们用甜高粱做牧草、青饲料、青贮饲料和干草,种植面积已经达到 10 万  $\text{hm}^2$ 。美国饲料高粱种植面积年均在 30 多万  $\text{hm}^2$ ,青贮高粱收获面积也在 25 万  $\text{hm}^2$  左右。此外,印度、伊朗、日本、阿根廷、墨西哥等国也都对甜高

粱的青贮饲用价值进行了研究与利用<sup>[8]</sup>。尽管国内系列研究试验表明,甜高粱生物产量、抗病能力、青贮发酵品质等综合性状较玉米有优势,但作为饲料作物我国甜高粱种植面积不大,其发展潜力亟待提高<sup>[9]</sup>。

本文综合国内外关于甜高粱青贮饲料的研究与利用资料,从甜高粱用作青贮的品种优势、青贮技术以及效应等方面作一评价,为我国发展甜高粱青贮饲料提供参考与借鉴。

## 1 青贮的品种优势

### 1.1 生物学产量极高

甜高粱是目前世界上生物量最高的作物之一,其生物产量比青饲玉米高 0.5~1 倍,可产鲜茎叶 90  $\text{t}/\text{hm}^2$ 、高粱籽粒 6  $\text{t}/\text{hm}^2$ 。由德国创造的甜高粱鲜生物产量世界纪录达 169  $\text{t}/\text{hm}^2$ ,我国湖北省公安县创造的全国最高纪录为 157.5  $\text{t}/\text{hm}^2$ <sup>[10-11]</sup>。而且由于甜高粱具有很强的再生力,茎秆收获后可从基部发出新芽长出新的茎秆,因此在适宜地区 1 年只种 1 次,但可收割 2~3 次,其单位面积产量更高。

### 1.2 抗逆和适应性强

甜高粱起源于非洲不良的环境条件下,在长期的自然选择和人工选择下甜高粱具有抗旱、耐涝、耐盐碱、耐瘠薄、耐高温和耐干热风等特点。甜高粱可耐受的盐浓度为 0.5%~0.9%,高于玉米、小麦、水稻等作物。甜高粱适应性广,在 pH 值 5~8.5 的各种类型土壤中均可生长,凡 10℃ 以上、积温达 2 600~4 500℃ 就可以生长,除个别高寒地区外,我国各地均可栽培<sup>[12]</sup>。Hsiao 研究指出,在严重水分亏缺的情况下,玉米

收稿日期:2013-07-22

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(13)2030];江苏省产学研联合创新资金(编号: BY2012209)。

作者简介:李春宏(1971—),男,江苏盐城人,博士,副研究员,主要从事甜高粱新品种选育和生产技术研究。Tel: (025) 84390386; E-mail: 23507725355@qq.com。

## 参考文献:

- [1] ZBB 43005—1986 鸡的饲养标准——蛋鸡[S]. 北京:中国标准出版社,1986.
- [2] NY/T 823—2004 家禽生产性能名词术语和度量统计方法[S]. 北京:中国标准出版社,2004.
- [3] 江新生. 文昌鸡与贵妃鸡杂交效果分析及肉质相关性状的研究[D]. 湛江:广东海洋大学,2011.
- [4] 吴婵,李辉,李敬瑞,等. 贵妃鸡体尺及屠宰性状的测定与相关分析[J]. 河南农业科学,2011,40(11):148-151.
- [5] 景栋林,黄得纯,林丽超,等. 飞鸭体尺与屠宰性能测定及其相关

- 性分析[J]. 中国畜牧兽医,2010,37(12):111-114.
- [6] 牟东风,张武德. 北京鸭体尺性状与屠宰性能的相关性分析[J]. 四川畜牧兽医,2012(6):22-25.
- [7] 万建洪,张军,池智贤,等. 溧阳鸡体尺测量及屠宰性能测定[J]. 畜牧与兽医,2011,43(5):41-43.
- [8] 杨燕,吕慎金,王金玉,等. 不同性别京海黄鸡体尺及屠宰性能的比较分析[J]. 黑龙江畜牧兽医,2010(5):44-46.
- [9] 朱文奇,李慧芳,宋卫涛,等. 高邮鸭体重、体尺和屠宰性能的测定及相关性分析[J]. 江苏农业科学,2009(1):206-207.
- [10] 包文斌,周群兰,吴信生,等. 藏鸡和萧山鸡体尺及屠宰性能的比较分析[J]. 中国家禽,2005,27(7):17-19.

产量明显降低,而高粱的产量仅略有下降<sup>[13]</sup>。甜高粱耐涝能力也较强,根、茎、叶鞘中髓部组织发达,有一定的通气作用,茎叶表面的蜡粉层在遇水淹时能防止水分渗入茎叶内部,遇到涝灾,只要田间积水不淹到穗部,且持续时间不过长,对其发育和产量的影响都不会太大<sup>[14]</sup>。

## 2 甜高粱青贮的关键技术

甜高粱青贮原理是在厌氧环境下将青贮原料中的碳水化合物(主要是糖类)变成以乳酸为主的有机酸,当有机酸在青贮料中积聚到 0.65%~1.3% 时,抑制了有害微生物(如腐败细菌等)的生长,因而使青贮料得以保存,基本保持原来的青绿多汁状态以及营养价值,而青贮调制是保存饲料的经济而安全的方法<sup>[15]</sup>。影响甜高粱青贮成败的因素很多,主要包括刈割期的选择、青贮前的萎焉、营造的厌氧环境、添加剂等,这些因素如果控制不当,都不能获得品质较好的青贮饲料。

### 2.1 刈割期的选择

青贮甜高粱的营养价值受生育期的影响较大,不同生育期的甜高粱植株营养特性和青贮特性有很大的差别。前人研究表明在灌浆期、乳熟期和完熟期收获整株干物质比率分别为 25.6%、30.8%、34.7%;整株干物质质量分别为 14.25、18.0、15.0 t/hm<sup>2</sup>,籽粒产量分别为 2.635 5、5.649、6.402 kg/hm<sup>2</sup>。尽管完熟期籽粒产量最高,但粗纤维含量增多,茎逐渐坚硬,适口性日益降低,消化率也不断下降。作为青贮高粱乳熟晚期收获最佳<sup>[16]</sup>,而收获过早,青贮干物质含量偏低,pH 值偏高,影响青贮甜高粱的营养价值与吸收效果<sup>[7,17]</sup>。

### 2.2 青贮前的萎焉

饲用甜高粱应选择晴朗天气收割抽穗期甜高粱全株,在地里摊开,阳光照射,晒至水分为 60%~70% (即以手用力拧扭甜高粱茎秆不断为宜),这种凋萎处理不仅可以限制或避免各类有害细菌特别是梭菌的发酵,同时还可以减少青贮渗出液,提高青贮饲料干物质进食量。反之,如含水量过低时,不易压实,容易造成霉菌滋生,因而需洒水或者与含水量较高的青绿饲料混贮来调节<sup>[18-19]</sup>。

### 2.3 厌氧环境的营造

青贮过程中微生物的种类比较繁多,酵母菌、腐败菌、霉菌等利用残留的空气和压榨汁液大量繁殖,均为有害菌,而乳酸菌为厌氧菌和微需氧菌。2 类菌在青贮过程中为互相竞争的关系,也直接关系到青贮的成败,因此,密封、压实成为青贮的关键。对甜高粱青贮原料要进行短切到 2~3 cm,粗饲料经过切割后,既能扩大饲料与微生物的接触面,有利于糖化和发酵,又便于畜禽采食咀嚼,促进营养物质消化和吸收。喂牛的茎和叶片可切成 2~4 cm 的碎段,喂马、骡、羊的可切成 1~2 cm 长,对老弱幼畜则应切得更短些。调制青贮饲料时应尽量缩短入窖时间,充分压紧封严和降低封窖时的基础窑温,以尽快形成乳酸菌发酵的厌氧条件<sup>[20]</sup>。

### 2.4 温度的控制

乳酸菌增殖活动的温度最适宜范围为 20~30℃,发酵温度应控制在 19~37℃<sup>[21]</sup>。乳酸菌在温度太高的条件下会终止生理活动,破坏青贮原料的维生素,并消耗可溶性糖分,导致青贮原料品质的恶化。但是乳酸菌的增殖速度随青贮过程

中的温度降低而减慢,这样很难在短期内造成强酸环境,青贮原料的品质也会受到不利影响。相应的措施是:缩短甜高粱青贮时间,甜高粱运、切、装、封应在 2~3 d 内完成,尽量排出料内空气,青贮容器远离热源,且防止阳光直射。

### 2.5 添加剂的使用

随着农牧业的发展,饲用作物的范围不断扩大,现代青贮过程为加快乳酸发酵速度,改善青贮饲料品质,提高青贮饲料利用率和动物生产性能,青贮饲料中使用添加剂是一项重要举措。甜高粱结实期间添加 2% 蔗糖或 6 mL/kg 甲酸,青贮能显著降低青贮饲料的 pH 值、硝酸盐和氨态氮含量,提高乳酸、可溶性碳水化合物、中性洗涤纤维含量和干物质保存率<sup>[22]</sup>。甜高粱秸秆渣在乳酸菌、纤维素粗酶、0.5% 尿素、0.3% 食盐共同作用下青贮后气味芳香,质地柔软,粗蛋白含量提高了 17%,纤维素成分降低了 28%,还原糖提高了 66%<sup>[23]</sup>。目前,全世界使用的青贮饲料添加剂有 200 多种,因而实践中甜高粱青贮添加剂种类与使用量的选择要视不同的添加剂本身的特性、青贮原料、青贮管理措施等而定。化学添加剂必须充分混匀,否则容易发生家畜中毒现象,生物制剂的使用效果还取决于青贮原料的切碎程度、压实程度、装填速度、青贮料贮藏封闭等因素。

## 3 青贮饲喂效果

经过乳酸发酵调制成的甜高粱青贮,气味芳香,酸甜可口,耐贮藏,是可供冬季或常年喂饲的多汁饲料。青贮饲用甜高粱中的有机酸能促进家畜消化腺的分泌活动,提高消化率、增强机体的免疫力。青贮还有轻泻作用,可以防止便秘<sup>[24-25]</sup>。甜高粱青贮饲喂育肥牛、奶牛、山羊具有良好的生产性能。李新胜等用甜高粱青贮饲料饲喂奶牛,试验组奶牛平均产奶量比饲喂全株玉米青贮高 2.72 kg,平均日产奶量增加 10.19%<sup>[26]</sup>;柴庆伟以甜高粱渣青贮料饲喂育肥牛和奶牛,结果显示饲喂甜高粱渣料较饲喂青贮玉米的肉牛增重提高 22.78 g/d,青贮干物质采食量提高了 0.04 kg/(头·d),日粮干物质采食量提高了 10 g/d,奶牛日平均产奶量增加了 4.33%,乳脂含量增加了 3.34%,乳蛋白含量增加了 6.51%,乳糖的含量增加了 2.45%,还提高了奶牛机体的免疫能力<sup>[23]</sup>。高立芳等在奶牛日常饲喂草料中用大力士甜高粱草替换一部分干草,结果奶牛的日产奶量提高了 2.84%<sup>[27]</sup>。Amer 分别以甜高粱青贮、苜蓿青贮作粗饲料喂饲奶牛,结果表明喂饲甜高粱青贮的奶牛干物质采食量、能量校正乳含量和牛奶转化率与喂饲苜蓿青贮相似<sup>[28]</sup>。

## 4 甜高粱青贮发展前景及今后的工作重点

目前我国畜牧业中饲料粮的比例已占到粮食总产量的 36%,今后还将大幅度增长,人畜争粮争地的矛盾日益突出,因此大力推广甜高粱种植,可大大提高土地的生产效率,降低畜牧业饲料成本。为草食性畜禽提供充足的饲料,可有效缓和人畜争粮的突出矛盾<sup>[29-30]</sup>。我国有数千万公顷盐碱地资源,有广阔的未利用边际性土壤,这些地块种植大田农作物产量很低,改造起来难度大、成本高,如果能将其合理利用种植甜高粱,则完全可以缓解人、畜争地的矛盾。另外甜高粱饲、粮、糖兼收,可大幅度提高农民收入<sup>[31]</sup>。

甜高粱作为饲料和能源兼用作物在“十一五”“十二五”期间,都已列入国家支撑计划和星火计划,河北、山东、辽宁、甘肃、新疆、内蒙古、吉林、安徽等省(区)也已相继开展了研究,并育成了一些适用于饲用的甜高粱品种<sup>[24,32]</sup>,但甜高粱青贮产业化研究与开发仍然处于起始阶段。为推动甜高粱青贮产业化发展,今后的工作重点主要集中在以下几个方面:(1)针对我国甜高粱的育种水平仍与先进国家有着一定的差距,应加强甜高粱种质资源的国内外搜集、保存与创新工作,培育耐旱、耐盐碱、耐瘠薄土壤、抗倒伏的甜高粱品种及杂交种,利用现代生物技术解决耐除草剂、抗螟虫等抗性问題。作为青饲(贮)料,甜高粱育种目标为:全株产量75~90 t/hm<sup>2</sup>;籽粒产量5.250~6.750 t/hm<sup>2</sup>;糖锤度大于12%<sup>[33]</sup>。(2)研究甜高粱高产高效种植技术,加强甜高粱种植环节农艺技术和机械化研究。如:盐碱地育苗技术、配方施肥技术、高产高效田间管理技术;根据技术体系的农艺要求,引进和改进配套深耕、播种、收获等相关机械,形成甜高粱机械化相关的技术参数与指标。组装甜高粱高产优质配套技术体系,为实现甜高粱规模化生产提供技术支撑。(3)研究甜高粱大规模生产采收、储运技术,筛选适合不同甜高粱品种的青贮添加剂种类与数量,以此来改善青贮发酵品质,减少青贮损失,最终提高动物的生产性能<sup>[34-35]</sup>。(4)加强政策引导,开展技术培训和宣传,积极示范推广,建立甜高粱丰产关键技术集成示范区,依托肉羊、奶牛、牲畜饲料等企业建立辐射区,推进甜高粱大规模产业化的形成。

#### 参考文献:

- [1]刘公社,周庆源,宋松泉,等. 能源植物甜高粱种质资源和分子生物学研究进展[J]. 植物学报,2009,44(3):253-261.
- [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):126-128.
- [3]宋金昌,范莉,牛一兵,等. 不同甜高粱品种生产与奶牛饲喂特性比较[J]. 草业科学,2009,26(4):74-78.
- [4]Avasi Z,Szűcsné P,Márki-Zayné I,et al. Aerobic stability of sorghum maize mixed silage[C]//Proc 12th International Symposium Forage Conservation. Brno:Czech Republic,2006:192-195.
- [5]Marcoa O N,Ressia M A,Arias S,et al. Digestibility of forage silages from grain,sweet and bmr sorghum types:Comparison of *in vivo*,*in situ* and *in vitro* data[J]. Animal Feed Science and Technology,2009,153:161-168.
- [6]Digestibility F A. Nitrogen balance in lambs fed grain sorghum silage,sweet sorghum silage or fescue hay[J]. Small Ruminant Research,1994,14:33-38.
- [7]Podkówka Z,Podkówka L. Chemical composition and quality of sweet sorghum and maize silages[J]. Journal of Central European Agriculture,2011,12(2):294-303.
- [8]梁辛,邹彩霞,韦升菊,等. 饲用甜高粱饲喂青年奶水牛增质量的试验[J]. 饲料研究,2011(11):61-62.
- [9]卢庆善. 甜高粱[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2008:2-5.
- [10]El B,Sorghum J S. A sustainable crop for energy production in Europe-results of 10 years experiments(1985-1995)[C]//Proceedings of First International Sweet Sorghum Conference,1997:88-110.
- [11]黎大爵. 甜高粱可持续农业生态系统研究[J]. 中国农业科学,2002,35(8):1021-1024.
- [12]唐三元,席在星,谢旗. 甜高粱在生物能源产业发展中的前景[J]. 生物技术进展,2012(2):81-86.
- [13]Hisao T C. Growth and yield of crops under water stress[M]//Lang O L. Water and plant life:problems and modern approaches. Berlin:Springer-Verlag,1976:186-202.
- [14]赵香娜. 国内外甜高粱品种资源遗传多样性研究[D]. 北京:中国农业科学院,2008:2-3.
- [15]王国仓,李增辉,范秀兰. 微生物在青贮饲料中的作用[J]. 内蒙古畜牧科学,2003(3):55-56.
- [16]陈悦,潘世全,石玉学. 美国青贮饲料高粱的生产和研究[J]. 辽宁农业科学,1996(6):38-40.
- [17]渠晖,沈益新. 甜高粱用作青贮作物的潜力评价[J]. 草地学报,2011,19(5):808-812.
- [18]孙小凡,魏益民. 全株小麦青贮研究进展[J]. 粮食与饲料工业,2004(7):31-33.
- [19]余汝华,莫放,赵丽华,等. 凋萎时间对青玉米秸秆青贮饲料[J]. 中国农学通报,2007,23(6):13-17.
- [20]李改英,高腾云,傅彤,等. 影响苜蓿青贮的因素及其青贮技术的研究进展[J]. 中国畜牧兽医,2010,37(12):22-26.
- [21]张平定. 制作青贮饲料的技术要点[J]. 饲料与畜牧,2005,32(5):17-18.
- [22]秦立刚,许庆方,董宽虎,等. 不同添加剂对甜高粱青贮品质影响的研究[J]. 中国畜牧兽医,2010,37(12):27-30.
- [23]柴庆伟. 利用甜高粱秸秆榨汁后的皮渣替代玉米秸秆制取青贮饲料[D]. 石河子:石河子大学,2010:24-40.
- [24]李建平. 不同饲用高粱品种的营养价值及其人工瘤胃降解动态的研究[D]. 晋中:山西农业大学,2004.
- [25]郝铠,张立荣. 重视甜高粱生产促进畜牧业发展[J]. 甘肃科技,1996,12(5):47.
- [26]李新胜,张春喜,孙哲,等. 加酶高粱青贮对奶牛产奶量的影响[J]. 中国奶牛,2001(1):27-28.
- [27]高立芳,陈佳,张健,等. 大力士甜高粱饲喂奶牛效果试验[J]. 上海畜牧兽医通讯,2010(6):34-35.
- [28]Amer S,Seguin P,Mustafa A F. Short communication:Effects of feeding sweet sorghum silage on milk production of lactating dairy cows[J]. Journal of Dairy Science,2012,95(2):859-863.
- [29]许云麒,弓子敬,李清华. 发展草产业是解决人畜争粮的有效途径[J]. 畜牧与饲料科学,2011,32(8):70-71.
- [30]竞丽丽,孙学永,高正良,等. 安徽省发展高能作物甜高粱的必要性与可行性分析[J]. 安徽农业科学,2011,39(13):7632-7634.
- [31]魏玉清,任贤,贝益临. 利用盐碱地种植甜高粱生产燃料乙醇的产业化前景分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(21):11279-11282+11396.
- [32]马涌,张福耀,赵威军,等. 甜高粱育种思路探讨[J]. 山西农业科学,2011,39(06):619-621.
- [33]邹剑秋,王艳秋. 我国甜高粱育种方向及高效育种技术[J]. 杂粮作物,2007,27(6):403-404.
- [34]钱勇,钟声,张俊,等. 不同饲喂方式对波杂羔羊的育肥效果[J]. 江苏农业科学,2012,40(12):216-217.
- [35]侯晓静,沈益新,许能祥,等. 不同添加物对稻草青贮品质及营养组成的影响[J]. 江苏农业科学,2011,39(6):356-360.