

# 甜高粱研究进展

葛江丽, 姜闯道, 石雷, 谷卫彬, 张金政, 任大明\*

(1. 沈阳农业大学生物科学与技术学院, 辽宁沈阳110161; 2. 中国科学院植物研究所, 北京100093)

摘要 总结了甜高粱栽培、育种、生理特性和常见病虫害等方面研究进展。

关键词 甜高粱; 研究进展

中图分类号 S514 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2006)22-5815-02

甜高粱 [*Sorghum bicolor* (Moench) L.] 属于  $C_4$  植物, 具有较高的光合速率, 而且具有抗旱、耐涝、耐盐碱等优良特性<sup>[1]</sup>。甜高粱生长期短, 在热量充足地区每年可以收获2次, 而甘蔗只有1次。甘蔗用茎繁殖, 用种量达7 500~12 000 kg/hm<sup>2</sup>, 不易机械化种植, 而甜高粱用种子繁殖, 用种量为4.5~7.5 kg/hm<sup>2</sup>, 且适宜机播, 因此甜高粱生产成本远低于甘蔗<sup>[2]</sup>。

## 1 经济价值

随着世界各国工业化进程的加快, 地球上可开发和利用的能源日益减少。绿色能源应运而生。作为可再生的替代能源, 每公顷甜高粱每天合成的碳水化合物可产48 L 升酒精, 而玉米只有15 L, 小麦为3 L, 粒用高粱才9 L。由于甜高粱生长期短, 生长迅速, 每公顷甜高粱每年酒精产量达6 106 L, 而甘蔗只有4 680 L<sup>[3]</sup>。因此, 发展甜高粱及其酒精工业对于我国的能源供应及能源安全都具有重大意义。而作为饲料作物, 不但甜高粱的粗蛋白和营养可消化性很高, 而且它的鲜生物量也很高。由于甜高粱青贮饲料的产量远高于玉米等其他饲料, 因而甜高粱已成为一种重要的饲料作物。所以, 大力推广甜高粱, 对于一个人多地少、畜产品产量较低的国家来说尤为重要<sup>[1]</sup>。甜高粱的用途十分广泛。它不仅产粮食, 也产糖、糖浆, 还可以做酒和味精, 纤维还可以造纸<sup>[4]</sup>。

## 2 栽培措施

**2.1 种植密度对产量的影响** Elrich 认为, 植株密度能影响碳水化合物的产量<sup>[1]</sup>。Cazato 试验表明, 不同的种植密度对甜高粱杂交种糖产量会产生不同的影响。他认为最适种间密度是15 株/m<sup>2</sup>, 然而行间距的影响不是很明显。要获得粮草高生物产量(538.5 t/hm<sup>2</sup>), 就要提高种植密度(25 株/m<sup>2</sup>), 田间行距以40 cm 为宜<sup>[5]</sup>。郑庆福等在内蒙古西辽河平原研究了不同种植密度对杂交甜高粱甜格雷兹生长、品质及产量的影响, 提出种植密度20.00 万株/hm<sup>2</sup> 可较好协调群体与个体的生长, 使鲜草、干草和粗蛋白质都达到较高产量<sup>[6]</sup>。

**2.2 灌溉对甜高粱的影响** 虽然甜高粱耐旱, 但因其茎叶多汁液, 所以为维持正常的生长发育, 要求比粒用高粱更湿润的环境条件<sup>[1]</sup>。Tsuchihashi 等研究发现旱季生长的甜高粱茎提取液中糖的百分含量比雨季植株低, 茎和总糖的产量相当于雨季植株产量的60%和75%<sup>[7]</sup>。试验表明, 对于以糖提取和加工为目的甜高粱, 适当的灌溉是很必要的。此外, Perrida 等还发现, 灌溉不但直接影响甜高粱产量, 而且对氮

肥的吸收有一定影响。在灌溉地区, 施氮肥的产量几乎是不施氮肥产量的2倍; 而在非灌溉区, 因施肥而增加的产量仅为11%。在不施肥的情况下, 相对于非灌溉地区灌溉可以提高19%的氮吸收量; 在施肥处理中, 灌溉区比非灌溉区的氮吸收量提高104%<sup>[8]</sup>。可见, 适当的灌溉不但增加了甜高粱产量, 而且还可以提高氮肥的利用率。

**2.3 施肥对甜高粱产量的影响** 施肥可以增加饲用或糖用甜高粱植株高度和分蘖数, 从而大幅度提高饲料和茎秆的产量。把不同生长时期的甜高粱种植在含有不同比例堆肥(0%、2%和4%)的石灰土壤中, 结果表明施加了堆肥的甜高粱叶片数量、面积、株高和叶片、茎、根以及整株植物的干重都增加了; 随着有机肥含量的增加, 秆、粮草、糖浆等产量也随之增加<sup>[9]</sup>。

**2.4 播种期对甜高粱的影响** 甜高粱的最佳播期要依据品种、生长发育规律、对环境条件的适应性和生产目的而定。试验表明, 在北方沈阳地区, 若以籽粒生产为目的, 则应在5月10日前后播种; 若以秸秆饲料为生产目的, 则要求单位面积的生物产量最大, 应在5月20日左右播种; 若以茎秆榨汁量和含糖量为生产目的, 则应尽量早播种, 但不宜早于4月10日<sup>[10]</sup>。

**2.5 其他** 有研究表明, 在开花期去花序处理的甜高粱植株茎干物质积累增加, 同时有侧分蘖出现; 去花序处理植株汁的提取量增加, 但汁中糖的含量、锤度和纯度却低于对照植株<sup>[11]</sup>。Tefera 等发现, 晚熟的高粱品种当与早熟品种间种时, 会获得很高的产量; 当落花生与高粱间种时, 落花生的产量和品质都会有很大的提高<sup>[12]</sup>。

## 3 育种

针对我国甜高粱育种, 苏益民等提出以下3个问题: 生长季过长; 花穗太小, 粮草产量低; 在国内广泛播种的甜高粱品种Rio和M81E有退化现象。所以, 要找出一个新品种, 既要有高的粮草产量、合适的生长周期, 而且还可以春播和夏播。近些年, 研究发现以Yuan 2A、126A、421A、622A和623A为父本, 以Rio和BJK 19为母本的杂交种中最为理想的3个杂种分别是Yuan 2A × Rio、T × 421A × Rio、T × 421A × BJK 19。它们既有很高的粮草产量, 又有合适的生长时期(120~130 d), 适合在我国广泛种植<sup>[13]</sup>。

Artohe 等发现一种赖氨酸含量很高的新型谷物与甜高粱的杂交种F-351和F-132, 含有蛋白(14.87%~16.19%)、赖氨酸(3.09%~3.46%)、脂肪(3.98%~4.22%)和单宁(0.12%~0.20%)。这种杂交种在生理成熟期汁中总糖产量和鲜秆重分别为16.8%~19.8%和10.8%~12.8%<sup>[14]</sup>。

基金项目 中国科学院植物研究所基金资助。

作者简介 葛江丽(1981-), 女, 山东郓城人, 硕士研究生, 研究方向: 植物抗性生理。\* 通讯作者。

收稿日期 2006-07-06

此外,有报道在甜高粱生产上采用杂交种(甜×甜、甜×不甜、不甜×甜),除因茎秆产量的增加而提高了糖的产量以外,在籽粒产量性状上同样显示出较强的杂种优势,获得糖粮双收。甜高粱杂交种成为粮糖兼用的作物<sup>[15]</sup>。

#### 4 环境因素对甜高粱生理特性的影响

**4.1 水分对甜高粱生理特性的影响** Salvatore 等对不同的供水条件下甜高粱对水和辐射能的利用情况作了研究。得到以下结论:在土壤非限水试验中,早播的甜高粱品种能多产 600 t/hm<sup>2</sup>,而晚播的甜高粱品种多产 420 t/hm<sup>2</sup>;在控水状况下,生物循环随着控水时间的延长几乎处于停滞状态;因缺水而受到影响的叶面积增长可以随着季节的更替而被激活,雨季的到来会赋予植物新的活力;在相同的条件下,甜高粱水利用率比其他夏季生长的植物都高,随着胁迫的增加,水的利用率也呈下降趋势;对基因型的研究表明,甜高粱有很高的辐射能利用率,尤其是早播品种。然而在控水条件下,辐射能利用率随着水胁迫程度的加重而下降,这可能是由低光合作用率导致的<sup>[16]</sup>。针对甜高粱在控水条件下的适应机制,Villalba 等提出渗透调节,通过溶质的积累并伴随呼吸作用的下降和表面蜡质的积累而实现<sup>[17]</sup>。

**4.2 光对甜高粱生理特性的影响** Corlett 等研究了甜高粱在强光和轻微水胁迫下光合性能的变化,发现当所有叶片都完全暴露在阳光下时,光合系统 II 的效率(PSII)下降;当叶片部分暴露在光下时 PSII 则不会下降。与完全见光的植株相比,遮荫的植株光合速率和气孔导度都很低<sup>[18]</sup>。此外,Fay 等也提出,甜高粱(Honey8500)短期(5 min)遮荫处理降低了光合作用、叶片温度、气孔导度、蒸腾作用和水分利用率,提高了细胞间隙二氧化碳浓度<sup>[19]</sup>。这说明光环境对叶片同化作用起了重要作用。

**4.3 温度对甜高粱生理特性的影响** Cao 研究发现,甜高粱的生物量和茎中糖含量与平均温度有关,而且两者有明显的线性关系。若平均温度低于 5℃,则生物量就不会增加,这种特性没有种间差异。而阳光照射的时间与糖含量无明显的线性关系<sup>[20]</sup>。此外,有报道昼夜温差可以影响甜高粱种子发芽,最适合种子发芽的昼夜温度是 35℃/25℃,提高温差后种子发芽速度也提高了,但随着温差的进一步扩大发芽速度减慢<sup>[21]</sup>。

**4.4 盐胁迫对甜高粱生理特性的影响** 有人分别对 2 个基因型的甜高粱幼苗(耐盐型和盐敏感型)进行盐胁迫处理,结果表明盐处理降低了相对生长率(RGR),却提高了 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、可溶性糖、脯氨酸的浓度和 Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> 比例,在盐敏感基因型中这种趋势更加显著<sup>[22]</sup>。Sunseri 等通过对 4 种基因型的甜高粱进行盐处理,发现随着盐胁迫程度的加大,Na/K 比例也不断提高。因此,甜高粱主要的盐适应机制就是离子的吸收<sup>[23]</sup>。

Lu 等研究了盐胁迫(0~100 mmol/L NaCl)或同时存在的高温(30~50℃)胁迫对甜高粱叶片 PSII 光化学功能的影响,发现 PSII 对单独的盐胁迫有很强的抵制能力,然而盐胁迫改变了 PSII 对高温胁迫的耐受性;当温度高于 45℃时,盐胁迫叶片 PSII 的热稳定性大大提高。

**4.5 硅对甜高粱生理特性的影响** Hattori 等研究了硅对干

旱敏感型甜高粱耐旱性的影响,结果表明硅的施加减缓了水分胁迫导致的干重下降,但是对灌溉条件下干物质产量没有影响。在干旱条件下,施硅的高粱茎/根比例很低,表明硅限制了植株根的生长,同时维持了较高的光合速率和气孔导度。从蒸腾率方面来看,施加硅的高粱可以从干旱土地上吸取更多的水,以维持较高的气孔导度。因此可以推测出,硅的施加是通过提高植株的水分吸收能力来增强耐旱性的。

#### 5 常见病害及生物防治

**5.1 炭疽病** 炭疽病是甜高粱生长过程中的常见病。甜高粱从苗期到抽穗期都易被这种疾病感染。在染病的初始阶段,在叶片顶部会出现很小的紫色斑点,随后扩大成椭圆形或类似于梭形的黄褐色病斑,并伴随有深紫色或深红色皱边,中心为浅棕色,在病斑两边还会有许多小黑点。在许多病斑形成后,就会形成一个不规则的大斑。随后,叶片就会枯萎,功能会下降,容易老化,严重的还会影响产量。Ma 对甜高粱炭疽病的研究表明,Bavistin、Seedvax、Dithane M45 和 Bayleton 中的任何一种用于种子处理或在叶片上喷洒都很有效,并且只要方法和用量得当对种子的发芽不会产生影响,Seedvax 防治效果最好。试验还表明,对叶片喷洒的效果要好于对种子的处理。

**5.2 黑穗病** 在新疆地区黑穗病是甜高粱的多发病,一般大田发病率为 7%~16%,严重的发病率可达 35%。1976~1994 年共用 15 种药剂进行大田防治示范,结果表明以 25%粉锈宁、40%拌种双、2%速保利、70%五氯硝基苯处理发病植株的效果最好。

#### 6 发展前景

种植甜高粱不但可以有效利用有限的土地,而且可以缓解能源危机。目前以甜高粱为材料的研究不多,而且国内的研究还主要集中在耕种和加工利用方面,因此对甜高粱的研究有很大的空间。

#### 参考文献

- [1] 黎大爵,廖馥荪.甜高粱及其利用[M].北京:科学出版社,1992.
- [2] 朱翠云.甜高粱——大有发展前途的作物[J].国外农学——杂粮作物,1999,19(2):29-32.
- [3] 黎大爵.新的能源作物——甜高粱[J].大自然,1985(4):47-48.
- [4] 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.
- [5] CAZATO E. Effects of plant density and row spacing on sugar yield and forage lioness yield of a sweet sorghum hybrid [C]// II D J. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [6] 郑庆福,李凤山,杨恒山,等.种植密度对杂交甜高粱“甜格雷兹”生长、品质及产量的影响[J].草原与草坪,2005(4):61-65.
- [7] NAOYUKI T, KAZUHIKO K. Feasibility for cultivation of sweet sorghum [sorghum bicolor (L.) Merck] in Indonesian dryland growth and yield in dry season, in comparison with rainy season [C]// II D J. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [8] PERNICOLA M, TARANINO E. Nitrogen uptake in sweet sorghum under different irrigation regimes [C]// II D J. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [9] E MAGHRABY S S, ABCOUB M. Effect of organic manuring on sweet sorghum at various growth rates in calcareous soil [C]// II D J. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [10] 张志鹏,朱凯,王艳秋,等.甜高粱不同播期对主要性状影响的研究[J].辽宁农业科学,2005(3):69-70.

(上接第5816页)

- [11] RAJENDRAN C, RAMAMURTHY K, BACKIYARAN S. Effect of deheading on juice quality characteristics and sugar yield of sweet [J]. *Sorghum J Agronomy & Crop Science*, 2000, 185 :23 - 26.
- [12] TEFERA T, TANA T. Agronomic performance of sorghum and groundnut cultivars in sole and intercrop cultivation under semi arid conditions [J]. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2002, 188: 212 - 218.
- [13] SUY M, SONG G Y, LU W. Introduction of a few new forage sorghum hybrid [C] // II DJ. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [14] ANTOHEI, POP G, MARIANA R A. Retai Breeding on grain and stalk quality of sweet sorghum [C] // II DJ. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [15] 曹文伯. 在甜高粱上利用杂种优势的探讨 [J]. *植物遗传资源科学*, 2002, 3(3) :15 - 20.
- [16] SALVATORE L, COSENINO, EZIO R, et al. Sweet sorghum performance in relation to soil water deficit in the south of Italy [C] // II DJ. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [17] VILALBA J J. Herbage quality of sweet forage sorghum under water deficiency [C] // II DJ. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [18] CORLETT J E, JONES H G, MASSACCI A, et al. Water deficit, leaf rolling and susceptibility to photoinhibition in field grown sorghum [J]. *Physiologia Hartarum*, 1994, 92(3) :423 - 430.
- [19] PHILIP A F, ALAN K K. Stomatal and photosynthetic responses to shade in sorghum, soybean and eastern gamagrass [J]. *Physiologia Hartarum*, 1995, 94(4) :613 - 620.
- [20] CAO J F. A study on the effect of diurnal temperature on sweet sorghum productivity [C] // II DJ. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.
- [21] ALMUDARIS MA, JUIZI S C. osmotically primed seed and seedling reactions to variations in day/night temperature [J]. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 1999, 182(4) :217 - 222.
- [22] CLAUD VAN F L, CAMBRAI A B J, MARCO A O, et al. Changes in growth and in soluble concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery [J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2005, 54 :69 - 76.
- [23] SUNSERI F, PALAZZO D. Salt stress adaptation mechanism effects on sweet sorghum yield [C] // II DJ. Proceedings first international sweet sorghum conference in English. Beijing: Institute of Botany, The Chinese of Academy of sciences, 1999.