

## 评述与展望

### Reviews and progress

#### 中国利用甘蔗细茎野生种培育创新亲本的主要进展

经艳芬<sup>1,2</sup>, 朱建荣<sup>1,2</sup>, 桃联安<sup>1,2</sup>, 董立华<sup>1,2</sup>, 安汝东<sup>1,2</sup>, 杨李和<sup>1,2</sup>, 周清明<sup>1,2</sup>, 段惠芬<sup>1,2</sup>

1. 云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽站, 瑞丽, 678600

2. 云南甘蔗遗传育种重点实验室, 开远, 661600

✉ 通讯作者: rlyf@126.com ✉ 作者

分子植物育种, 2011 年, 第 9 卷, 第 36 篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2011.09.0036

收稿日期: 2010 年 11 月 18 日

接受日期: 2011 年 02 月 28 日

发表日期: 2011 年 03 月 31 日

这是一篇采用 Creative Commons Attribution License 进行授权的开放取阅论文。只要对本原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。

引用格式:

经艳芬等, 2011, 中国利用甘蔗细茎野生种培育创新亲本的主要进展, 分子植物育种 Vol.9 No.36 (doi: 10.5376/mpb.cn.2011.09.0036)

**摘要** 甘蔗细茎野生种是现代甘蔗栽培品种的抗逆基因源。利用甘蔗细茎野生种与栽培原种(热带种, 印度种)或品种间的杂交、回交, 培育创新亲本, 选育甘蔗新品种, 是发掘利用甘蔗细茎野生种优良抗逆基因的有效途径。习惯上把最容易出品种、含甘蔗细茎野生种质血缘的回交二三代材料叫创新亲本。由于甘蔗为异源多倍体, 其遗传背景尚不清楚, 以及受甘蔗开花习性等诸多因素影响, 利用甘蔗细茎野生种创新低代种质材料似乎不难, 培育创新亲本则不容易; 育成突破性的甘蔗新品种就更不容易了。20 世纪初育成的含爪哇、印度甘蔗细茎野生种血缘的 POJ2878、Co290 等, 不仅堪称划时代的品种, 亦是成就了世界甘蔗育种“POJ”、“Co”两大亲本体系的优良创新亲本。在之后百年的甘蔗细茎野生种质利用研究中, 世界各国均各有建树, 但突破性的甘蔗品种并未出现。如何更有效的发掘利用甘蔗细茎野生种优良抗逆基因? 最近三年的甘蔗细茎野生种利用为解决这一问题, 提供了一些思路。本文对中国利用甘蔗细茎野生种培育创新亲本进行评述, 展望最新一轮甘蔗细茎野生种无性系的利用, 必将对拓宽中国甘蔗遗传基础、选育突破性新品种起到积极的推动作用。

**关键词** 甘蔗; 细茎野生种; 创新亲本; 种质材料; 遗传基础

#### Main Advancement on Breeding Creation Parents in Using *S. spontaneum* Derived from China in Sugarcane

Jing Yanfen<sup>1,2</sup>, Zhu Jianrong<sup>1,2</sup>, Tao Lianan<sup>1,2</sup>, Dong Lihua<sup>1,2</sup>, An Rudong<sup>1,2</sup>, Yang Lihe<sup>1,2</sup>, Zhou Qingming<sup>1,2</sup>, Duan Huifen<sup>1,2</sup>

1. Ruili Breeding Station Sugar Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Science, Ruili, 678600, P.R. China

2. Yunnan Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Kaiyuan, 661600, P.R. China

✉ Corresponding author, rlyf@126.com; ✉ Authors

**Abstract** *S. spontaneum* is the main sources of resist genes for modern cultivars. Using Cross between *S. spontaneum* and cultural protospecies or hybrid and backcross among varieties to culture creative parents and select new sugarcane varieties is a useful way to excavate and use excellent resist genes of *S. spontaneum*. Creative parents are material which can be cultured new varieties or BC<sub>2</sub>, BC<sub>3</sub> of backcross which including *S. spontaneum* genes. Because of sugarcane is allopolyploid, and its genetic background is not clear, meantime, it easily effected by flooring, it is easy to culture low generation germplasm of *S. spontaneum*, but it is difficult to culture creative parents, it is most difficult to culture new ground-breaking sugarcane varieties. In the 20<sup>th</sup> century, POJ2878, Co290 and other varieties which are including Java *S. spontaneum* or India *S. spontaneum*, they are not only called landmark varieties, but also the excellent creative parents in the “POJ”, “Co”two main parental systems. In the next century, many countries have use *S. spontaneum* and got much advancement, but have not appeared ground-breaking variety. How can effectively dig and use the resist genes of *S. spontaneum*? In the last three years, the situations of using *S. spontaneum* can provide some thinking to answer the question. This article summed up the advance and achievement of using *S. spontaneum* to culture creative parents and prospect the condition of using *S. spontaneum* in the future, which can broaden the breeding genetic foundation and promote the progress of selecting new ground-breaking sugarcane.

**Keywords** Sugarcane; *S. spontaneum*; Creation parent; Germplasm; Genetic foundation

#### 研究背景

甘蔗细茎野生种是在育种成效中最为显著的

甘蔗属野生植物, 目前世界各国的甘蔗杂交品种均含该种的血缘(骆君肃, 1992; 周可涌, 1984)。利用

甘蔗细茎野生种培育创新亲本的研究始于爪哇、印度甘蔗细茎野生种的杂交利用, 分别育成了具划时代意义的POJ2878、Co281、Co290等甘蔗品种和亲本(骆君肃, 1992; 李奇伟等, 2000; 陈如凯等, 2003), 推动了世界甘蔗杂交育种的发展; 至20世纪中期, 全球甘蔗品种依赖少数种质的事实成为甘蔗进一步改良的限制因素, 于是开始了世界范围的搜集、评价、利用甘蔗种质资源的热潮, 经过半个多世纪的研究, 世界各国均各有建树, 美国、印度、巴西等已从这些甘蔗资源中选取优良无性系, 并同本国商业栽培种或热带种杂交获得了高糖分、高产量、抗逆性强或生物量、乙醇发酵量和纤维量较突出的回交一、二代(BC<sub>1</sub>, BC<sub>2</sub>)材料, 为甘蔗育种进一步利用打下良好的基础(张木清等, 2006)。美国路州利用耐寒性强的细茎野生种育出CP65-357等早熟高糖耐寒性强的品种(李奇伟等, 2000); 澳大利利用甘蔗细茎野生种血缘的创新亲本QN66-2008和LCP85-384杂交, 育成了许多甘蔗新品种(Wang et al., 2008)。我国海南甘蔗育种场, 成功利用崖城、陵水和云南的三个甘蔗细茎野生种无性系, 并通过全国的甘蔗研究所育成了23个含中国本土甘蔗细茎野生种血缘的甘蔗品种(张琼等, 2009; 邓海华等, 2004); 云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽站2006年审定了一个含云南蛮耗燥热气候生态型的甘蔗细茎野生种血缘新品种(安汝东等, 2007)。但是, 突破性的甘蔗新品种并没有出现(Wang et al., 2008)。近年来, 随着分子辅助育种技术的发展, 有关甘蔗细茎野生种的评价、以及杂交利用研究时有报道(Pan, 2004; 2006; 王丽萍等, 2006; 张革民等, 2007; Wang, 2008; 齐永文等, 2009; 刘洪博等, 2010), 这些研究能否给甘蔗新品种选育带来新的突破, 关键在于能否坚持实现从种质材料创新到新型亲本培育, 进而育成甘蔗新品种。本文就中国利用甘蔗细茎野生种培育创新亲本的研究进行评述, 把中国利用甘蔗细茎野生种创新种质、培育的崖城、云瑞系列部分创新亲本及其相关研究做简要介绍, 展望新一轮的中国甘蔗细茎野生种质资源创新利用研究, 必将为丰富创新亲本遗传基础, 改良甘蔗品种抗逆性, 增强其适应性, 进而提高中国甘蔗品种自主创新能力, 起到积极的推动作用。

## 1 甘蔗细茎野生种的起源

甘蔗细茎野生种(*Saccharum Spontaneum* L.)是单子叶植物纲(*Monocotyledoneae*), 颖花目(*Glumiflorae*), 禾本科(*Gramineae*), 甘蔗属(*Saccharum*)的一个野生种, 又叫割手密或甜根子草, 具有种类繁多, 地理分布广泛, 耐旱、耐寒、抗逆性和适应性强等特点。无论是干旱的沙漠、淹水的沼泽, 还是海边的盐碱地均可见到它的身影, 是现代栽培甘蔗的抗逆基因种源(张木清等, 2006)。其起源有不同的说法, 有些学者认为起源于印度半岛东南沿海孟加拉湾至锡金一带(骆君肃, 1992), 而有些学者则认为除印度外, 还存在一个起源中心, 即中国——越南——缅甸一带(周可涌, 1984; 彭绍光, 1990)。何顺长(1997)、范源洪等(2001)、陈辉等(2001)的研究, 支持了中国是甘蔗细茎野生种起源演化中心之一的观点。

## 2 甘蔗细茎野生种的遗传多样性

甘蔗种质资源多样性一是指种质数量的多样性, 二是指种质类型的多样性。目前拥有甘蔗种质资源较多的国家有: 美国5 020份、巴西4 506份、印度3 979份、中国2 000多份(张木清等, 2006)。中国的甘蔗种质资源保存于云南省农业科学院甘蔗研究所的国家甘蔗种质资源圃, 这些种质分属于甘蔗及其近缘属的5个属15个种, 其中甘蔗细茎野生种有几百个无性系, 这是甘蔗创新亲本培育的一级基因库。

甘蔗细茎野生种生长于南纬8°至北纬40°的热带亚热带蔗区。它的分布范围从日本和印尼/新几内亚经印度次大陆一直延伸到地中海的非洲。植株从矮小、无茎、丛生到大茎, 茎径变化范围从0.3 cm-1.5 cm, 体细胞染色体数 $2n=40-128$ , 共29种类型(张木清等, 2006; 杨清辉等, 1996; 蔡青等, 2002)。细茎野生种在我国从低纬度的海南黄流(北纬18°20')到高纬度的四川阆中(北纬30°30'), 从海拔5 m的福建东山到云南的高黎贡山(2 380 m)都有广泛的分布(蔡青等, 2002)。

我国的研究者对细茎野生种的染色体进行了大量的研究(杨清辉等, 1996; 蔡青等, 2002; Chen, 1982; 文建成等, 2001; 王子琳, 2002), 从细胞水平上证明了我国的甘蔗细茎野生种具有丰富的遗传多样性。其中, 蔡青等(2002)鉴定了来自我国9个省

的247份割手密的染色体数目, 得到 $2n=60$ 、64、70、72、76、78、80、92、96、104、108等11种类型, 又以 $2n=80$ 、64两种类型出现的频率最高。陈能武等(1996)、杨清辉(1996)、何顺长(1997)、王水琦等(2002)、张革民等(2007)、齐永文等(2009)分别研究了本土采集细茎野生种的农艺性状、染色体与地理分布、高糖与农艺性状的遗传关系等, 各自证明了本省区的细茎野生种具有丰富的遗传多样性。

杨清辉(1998)进行了甘蔗细茎野生种的指纹图谱分析, 结果原生地为云南泸水的染色体数 $2n=60$ 、64、80, 以及原生地为西藏察隅的染色体数 $2n=54$ 、64的细茎野生种, 在根据RAPD指纹图谱构建的UPGMA树状图中, 分别分属于不同的类群。范源洪等(2001)对甘蔗细茎野生种云南不同生态型的RAPD分析表明: 云南不同生态型的甘蔗细茎野生种可分为8个不同类群, 且呈现出明显的地理分布特点, 不同生态类型的云南甘蔗细茎野生种群体的遗传差异大, 具有丰富的遗传多样性。Pan等(2004)研究了采自世界各地的甘蔗细茎野生种33个无性系的分子标记及其聚类分析, 结果这33个无性系可分属于8个独立的类群; Mary等(2006)分析了印度四个地理生态型的细茎野生种, 不同地理生态型的甘蔗细茎野生种呈现出了丰富的遗传多样性。以上研究均证明不同或同一地理生态型的甘蔗细茎野生种均具有丰富的遗传多样性。尤其是云南不同生态型的甘蔗细茎野生种。因此, 增加甘蔗细茎野生种无性系的利用数量, 对于拓宽甘蔗育种遗传基础是有意义的。

### 3 甘蔗细茎野生种的杂交利用

#### 3.1 利用甘蔗细茎野生种创新种质材料

甘蔗细茎野生种的杂交利用始于19世纪末20世纪初, 这一时期利用爪哇、印度的甘蔗细茎野生种与热带种、印度种杂交、回交, 育成了POJ2878、Co281、Co290等全球性的甘蔗栽培品种和亲本, 奠定了世界甘蔗杂交育种的种质及技术基础(陈如凯等, 2003)。至20世纪中期, 随着回交代数的增加, 在POJ、Co种质血缘基础上培育的甘蔗品种的宿根性与抗逆性逐渐下降, 甘蔗品种依赖少数种质的事实成为甘蔗进一步改良的限制因素, 国际甘蔗技师协会先后四次组织科学家到巴布亚新几内亚和中国、泰国、缅甸搜集了大量新的热带种、细茎野生

种和大茎野生种, 保存于两大世界甘蔗种源中心(美国, 印度)。开始了新一轮世界范围的甘蔗细茎野生种评价、鉴定与杂交利用研究(张木清等, 2006; Pan and Burner., 2004; Tai et al., 1994; 1995; Miller and Tai., 1992; Naidu et al., 1987; Roach, 1972; Roach, 1978; Roach, 1984; Walker, 1972), 美国、印度、巴西已从这些资源中选取优良无性系同本国商业栽培种或热带种杂交获得了高糖分、高产量、抗逆性强或生物量、酒精发酵量和纤维量突出的回交一、二代, 为甘蔗育种进一步利用打下很好的基础(张木清等, 2006; Pan, 2004)。中国甘蔗细茎野生种的杂交利用始于1958年, 海南甘蔗育种场利用崖城、陵水、云南的甘蔗细茎野生种, 先后育成了崖城58-47、崖城79-290、崖城82-108(张木清等, 2006)等种质材料; 20世纪90年代以来, 周耀辉等(1996; 1997)对海南育种场保存的种质资源进行了开花习性、抗旱、抗寒、抗病性等全面研究, 在此基础上, 进行了较大规模的利用甘蔗野生种的基础杂交研究, 育成了一批优良种质材料(周耀辉等, 1997; 1999); 广西(诸葛莹等, 1996)、福建(王水琦等, 2002)、云南(桃联安等, 1997; 桃联安等, 2006; 桃联安等, 2009; 楚连璧等, 2000; 王丽萍等, 2006; 王丽萍等, 2007; 王丽萍等, 2008; 吴才文, 2009; 张革民等, 2009; 刘新龙, 2010; 刘洪博等, 2010)先后报道了利用中国本土甘蔗细茎野生种创新种质材料的研究。这些结果表明, 似乎利用甘蔗细茎野生种创新种质材料并不困难。

#### 3.2 利用甘蔗细茎野生种培育甘蔗新品种

追溯世界甘蔗育种百年史, 自1893年Moquette和Wakker获得Black cheribon与Kassoer的杂种, 直到1921年Jeswiet育成全球性的甘蔗新品种POJ2878, 历时28年时间。同样的我国的海南甘蔗育种场自1958年获得崖城58-47, 进而育成崖城71-374, 直到今天崖城71-374通过实践检验、科学评价, 成为甘蔗优良创新亲本(陈如凯等, 2003), 历时30~40年的时间。我国海南甘蔗育种场, 成功利用了崖城、陵水和云南的三个甘蔗细茎野生种无性系, 通过全国的甘蔗研究所育成了23个含中国本土甘蔗细茎野生种血缘的品种(张琼等, 2009; 邓海华等, 2004); 云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽站, 自1988年开始利用含云南蛮耗甘蔗细茎野生种血缘的割制F<sub>1</sub> 80系列创新种质材料回交栽培品种, 直到

育成99系列甘蔗新品系(经艳芬等, 2008), 于2006年审定了第一个含云南蛮耗燥热气候生态型的细茎野生种血缘甘蔗新品种(安汝东等, 2007), 从杂交一代种质材料到获得回交三代新品种, 历时11年。美国、中国、巴巴多斯、阿根廷等近十年来利用创新种质育成的甘蔗新品种, 大多数成为了本国的栽培品种, 但是并未产生在世界广泛推广应用的商业品种(Wang et al., 2008)。

以上研究结果表明: 中国利用甘蔗细茎野生种育成甘蔗新品种的成果, 较利用甘蔗细茎野生种创新种质材料要少得多。完成了利用甘蔗细茎野生种创新种质材料的基础杂交, 并不一定能育成生产应用的栽培品种, 即使能育成甘蔗新品种也需要时间。育成突破性甘蔗新品种则更为困难。

### 3.3 利用甘蔗细茎野生种培育创新亲本

甘蔗创新亲本是指在原有种质基础上导入了新种质血缘, 遗传基础得到拓展或利用有别于传统亲本体系的栽培原种(热带种, 印度种, 中国种)和野生种间杂交后代, 可用于配制商业性杂交组合的亲本材料、品系和品种。本文中创新亲本特指含有别于POJ、Co体系的甘蔗细茎野生种血缘的回交二至四代亲本材料、品系和品种。其直接来源是甘蔗栽培原种或品种与甘蔗细茎野生种杂交、回交后代。

甘蔗是异源多倍体植物, 在杂交过程中, 往往会出现染色体缺失、重组以及优、劣基因连锁遗传; 在亚热带甘蔗栽培原种或品种不开花、难开花或晚开花, 与甘蔗细茎野生种花期难遇, 致使其杂交利用困难; 以及对杂交后代的筛选, 往往把对糖分、产量性状的作为第一要素, 而忽视利用野生种的真正目的——利用其抗逆性; 加上创新亲本的价值是潜在的, 必须通过其育成品种产生的效益才得以体现; 因此, 利用甘蔗细茎野生种无性系数量少, 甘蔗亲本遗传基础狭窄, 育种成效不显著。针对这一问题, 中国对利用本土甘蔗细茎野生种与栽培原种或品种杂交, 创新种质材料、培育创新亲本、选育甘蔗新品种进行了大量的研究, 并取得了有益的进展。

海南甘蔗育种场利用崖城甘蔗细茎野生种育成的崖城71-374, 育成审定品种23个, 已成为我国甘蔗育种成效最显著的优良创新亲本(张琼等, 2009; 邓海华等, 2004), 为中国甘蔗品种的改良作出了重要贡献。云南省农业科学院甘蔗研究所瑞丽站, 利

用云南蛮耗燥热生态型的甘蔗细茎野生种, 育成审定了第一个生产品种云蔗99-155(安汝东等, 2007)、以及一批含云南的甘蔗细茎野生种血缘的优良品系(经艳芬等, 2008)、创新亲本材料(桃联安等, 2009; 楚连璧, 经艳芬, 孙有芳, 桃联安, 姚育刚, 杨李和, 董立华, 安汝东, 吴才文, 岳建强, 陈学宽, 周清明, 段惠芬, 2009, 云南蛮耗甘蔗细茎野生种种质创新研究及其应用, 国家科技成果, 云科奖鉴字[2009]064号), 成为继海南甘蔗育种场之后, 又一个为中国甘蔗育种提供甘蔗杂交花穗种子的育种机构。中国大陆部分创新亲本材料详见表1。

## 4 展望

回顾世界甘蔗育种百年史, 就是一部甘蔗细茎野生种利用的历史。对甘蔗细茎野生种的利用, 可分为三个阶段: 第一阶段是上世纪20-50年代, 爪哇、印度甘蔗细茎野生种的利用, 育成了POJ2878、Co281、Co290等划时代的品种和全球性的亲本, 不仅成就了POJ、Co两大世界甘蔗亲本体系, 而且成就了世界蔗糖业发展的辉煌历史; 第二阶段自上世纪60年代开始的世界范围的甘蔗野生种质资源利用, 世界各国均各有建树, 中国亦在这一时期完成了从利用甘蔗细茎野生种创新种质、培育创新亲本到育成甘蔗生产品种全过程, 这个阶段培育的甘蔗新品种, 大多成为了本国商业栽培品种, 但是突破性的甘蔗新品种并未出现。近三年来, 甘蔗细茎野生种杂交利用(Wang et al., 2008; 张革民, 2009; 吴才文等, 2009; 桃联安等, 2009; 刘新龙等, 2010; 刘洪博等, 2010)的特点, 一是大大增加了甘蔗细茎野生种无性系的利用数量; 二是对野生种质无性系血缘的鉴定, 不是停留在依靠组合后代的表现, 而是更加注重血缘真实性的分子标记鉴定; 三是组合类型呈现出了甘蔗栽培原种、品种、近缘野生种与甘蔗细茎野生种间的多样性等。这些研究为甘蔗细茎野生种优良新基因的发掘提供了新的思路, 似乎预示着甘蔗细茎野生种杂交利用全新时期的开始。

甘蔗细茎野生种在其长期的起源演化过程中, 分化出了丰富的遗传多样性, 随着甘蔗细茎野生种无性系利用数量的增加, 给其强宿根性、抗旱、耐寒、抗病性及其广泛的适应性等优良新基因的挖掘, 提供了无限的可能性, 这不仅为糖料甘蔗育种奠定了雄厚的种质基础, 亦为生产清洁能源(Kaith

表1 中国大陆利用甘蔗细茎野生种培育的部分创新亲本材料

Table 1 Partial of creative parents in using *S.spontaneum* derived from mainland of China in sugarcane

培育单位	种质基础	创新亲本	备注
Breeding station	Germplasm foundation	Creative parents	Note
海南甘蔗育种场 Hainan Sugarcane Breeding Station	崖城细茎野生种 <i>S.spontaneum</i> from Y C	崖城 58-43、崖城 58-47、崖城 62-40、崖城 64-389、崖城 71-370、崖城 71-374、内江 70-139、桂糖 88-130、赣糖 78-335、福农 91-21、川糖 89-103、云蔗 89-7、崖城 84-125、崖城 85-881、崖城 87-36、湛蔗 79-279、德蔗 93-88、粤糖 96-86 等 YC58-43、YC58-47、YC62-40、YC64-389、YC71-370、YC71-374、NJ70-139、GT88-130、GZ78-335、FN91-21、T89-103、YZ89-7、YC84-125、YC85-881、YC87-36、ZZ79-279、DZ93-88、YT96-86 et al.	资料来源为参考文献(张琼等, 2009; 张木清等, 2006; 邓海华, 2004) Dates from References (Zhang Q., et al., 2009; Zhang M.Q., et al., 2006; Deng H.H., 2004)
	云南 75-2-11 YN75-2-11	崖城 82-108、崖城 87-42、崖城 89-4、崖城 89-8、崖城 89-9、崖城 90-33、崖城 90-45、崖城 90-55、崖城 91-37、崖城 93-11、崖城 93-19、甜城 16 号、凉蔗 1 号等 YC82-108、YC87-42、YC89-4、YC89-8、YC89-9、YC90-33、YC90-45、YC90-55、YC91-37、YC93-11、YC93-19、TC 16、LZ 16 et al.	
	崖城、陵水细茎野生种 <i>S. spontaneum</i> from YC and LS	崖城 84-153、桂糖 24 号、闽糖 90-55、闽糖 93-246 YC84-153、GT24、MT90-55、MT93-246	
云南省农业科学 甘蔗研究所瑞丽 站(国家内陆甘 蔗杂交育种基 地) Ruili Breeding Station Sugar Research Institute of Yunnan Academy of Agricultural Science (Landlocked sugarcane Breeding Station of China)	云南蛮耗细茎野生种 <i>S. spontaneum</i> from Manhao of Y N	云瑞 95-128、云瑞 99-113、云瑞 99-131、云瑞 99-155、云瑞 99-178、云瑞 99-601、云瑞 99-711、云瑞 03-81、云瑞 03-917、云瑞 04-1051、云瑞 05-458、云瑞 05-649、云瑞 05-690、云瑞 03-315、云瑞 05-704 等 YR95-128、YR99-113、YR99-131、YR99-155、YR99-178、YR99-601、YR99-711、YR03-81、YR03-917、YR04-1051、YR05-458、YR05-649、YR05-690、YR03-315、YR05-704 et al.	多数材料表现抗旱, 抗黑穗病, 宿根性好, 配合力强 Most of Creative parents are drought-resistance, Smut Resistance, good rationing ability and better combining ability
	云南蛮耗、西双版纳 细茎野生种 <i>S.spontaneum</i> from Manhao and Xishuangbanna of Y N	云瑞 05-744、云瑞 05-178、云瑞 05-189、云瑞 03-117、云瑞 04-52、云瑞 04-53 等 YR05-744、YR05-178、YR05-189、YR03-117、YR04-52、YR04-53 et al.	
	云南蛮耗、西双版纳 细茎野生种 <i>S.spontaneum</i> from Manhao and Xishuangbanna of Y N	云瑞 03-71、云瑞 03-72、云瑞 03-78、云瑞 03-80 等 YR03-71、YR03-72、YR03-78、YR03-80 et al.	

et al., 2009; Chandel et al., 2009; Kaith et al., 2010)、环保塑料和建材、新型糖基表面活性剂等化工产品, 以及延伸产业链(张木清等, 2006)提供了原材料来源。对丰富甘蔗创新亲本的遗传基因库, 提升中国甘蔗品种自主创新能力及多元化育种均具有重要的意义。

### 作者贡献

经艳芬是本研究的实验设计和实验研究的执行人; 朱建荣, 桃联安, 董立华及安汝东完成数据分析, 论文初稿的写作; 杨李和, 周清明和段惠芬参与实验设计, 试验结果分析; 经艳芬是项目的构思者及负责人, 指导实验设计, 数据

分析, 论文写作与修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

### 致谢

本研究由农业部行业专项(nyhyzx07-019)、科技支撑计划(2007BAD30B02)、国家863计划(2007AA100701)、农林动植物育种工程项目(2006BAD01A06-4-1)和云南省面上基金(2007C236)共同资助。

### 参考文献

Aitken K.S., Jackson P.A., and McIntyre C.L., 2006, Quantitative trait loci identified for sugar related traits in a sugarcane (*Saccharum* spp.) cultivar  $\times$  *Saccharum officinarum* population, *Theor. Appl. Genet.*, 112: 1306-1317

- An R.D., Chu L.B., Shun Y.F., Jing Y.F., Fan Y.H., Tao L.A., and Yang L.H., 2007, Breeding of new sugarcane variety Yunzhe99-155, Ganzhe Tangye (Sugarcane and cane sugar), 3: 7-10 (安汝东, 楚连璧, 孙友方, 经艳芬, 范源洪, 桃联安, 杨李和, 2007, 甘蔗新品种云蔗 99-155 的选育, 甘蔗糖业, 3: 7-10)
- An R.D., Tao L.A., Jing Y.F., Yang L.H., Dong L.H., Zhou Q.M., Duan H.F., and Chu L.B., 2009, Breeding effect of wild sugarcane *S. spontaneum* L.YN 82-114, Zhongguo Tangliao (Sugar Crops of China), 1: 6-7 (安汝东, 桃联安, 经艳芬, 杨李和, 董立华, 周清明, 段惠芬, 楚连璧, 2009, 甘蔗细茎野生种云南 82-114 杂交利用效果初探, 中国糖料, 1: 6-7)
- Bischoff K.P., and Kenneth A.G., 2004, The development of new sugarcane varieties at the LUS AGCENTER, Journal American Society Sugar cane Technologists, 24: 142-164
- Cai Q., Fan Y.H., Xia H.M., Wang L.P., Lu X., and Ma L., 2007, Pollen storage of F<sub>1</sub> *S.spontaneum* L. at low temperature, Ganzhe (Sugarcane), 7(3): 1-7 (蔡青, 范源洪, 夏红明, 王丽萍, 马丽, 2007, 甘蔗细茎野生种(*S. spontaneum* L. F<sub>1</sub>)花粉低温贮藏研究, 甘蔗, 7(3): 1-7)
- Cai Q., Wen J.C., Fan Y.H., Wang L.P., and Ma L., 2002, Chromosome analysis of *Sccharum* L and related plants, Xinan Nongye Xuebao (Southwest China journal of agricultural science), 15(2): 16-19 (蔡青, 文建成, 范源洪, 王丽萍, 马丽, 2002, 甘蔗属及其近缘植物的染色体分析, 西南农业学报, 15(2): 16-19)
- Carroll B., McIntyre L., and Berding N., 1999, Final report-an assessment of the application of DNA markers to studies of genetic diversity and marker assisted selection in sugarcane, BSES: 1-2
- Chandel A.K., Narasu M.L., Chandrasekhar G., Manikyam A., and Rao L.V., 2009, Use of *Saccharum Spontaneum* L. (wild sugarcane) as biomaterial for cell immobilization and modulated ethanol production by thermotolerant *Saccharomyces cerevisiae* VS<sub>3</sub>, Bioresource Technology, 100: 2404-2410
- Chen H., Fan Y.H., Shi X.W., Cai Q., Zhang M., and Zhang Y.P., 2001, Research on genetic diversity and systemic evolution in *Saccharum Spontaneum* L., Zuowu Xuebao (Acta Agronomica Sinica), 27(5): 647-652 (陈辉, 范源洪, 史宪伟, 蔡青, 张明, 张亚平, 2001, 甘蔗细茎野生种的遗传多样性与系统演化研究, 作物学报, 27(5): 647-652)
- Chen N.W., Yang R.Z., Wu C.W., Huang J.K., and Wang G.H., 1996, Studies on breeding potential of *S. spontaneum* of sichuan province, Ganzhe (Sugarcane), 3(4): 1-7 (陈能武, 杨荣仲, 吴才文, 黄久凯, 王贵华, 1996, 四川割手密资源(*S. spontaneum*)的杂交育种利用潜力研究, 甘蔗, 3(4): 1-7)
- Chen P.H., Zhang H., and Chen R.K., 2004, Assisted selection of sugarcane parents based on RAPD technique, Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular Plant Breeding), 2(5): 675-681 (陈平华, 张辉, 陈如凯, 2004, 利用 RAPD 技术进行甘蔗育种亲本辅助选择, 分子植物育种, 2(5): 675-681)
- Chen Q.L., 1982, Problem of cane breeding at the present stage of China from a cytological point of view, Botanical Gazette, 143(4): 417-423
- Chen R.K., 2003, Bioengineering technology for crop, China Agriculture Press, Beijing, China, pp.56-70 (陈如凯, 2003, 作物生物工程技术, 中国农业出版社, 中国, 北京, pp.56-70)
- Chen R.K., 2003, Modern sugarcane breeding theory and practice, Agricultural press of china, Beijing, China, pp.5-6 (陈如凯, 2003, 现代甘蔗育种的理论与实践, 中国农业出版社, 中国, 北京, pp.5-6)
- Chu L.B., 2000, Research on sugarcane breeding system of YN, Ganzhe (Sugarcane), 4: 22-23 (楚连璧, 2000, “YN”甘蔗育种体系研究, 甘蔗, 4: 22-33)
- D'Hont A., and Layssac M., 1998, Analysis of cultivars genome structure by molecular cytogenetic and the study of introgression mechanisms, CIRAD annual report in sugarcane, DIRAD publication, 9
- Dai X.Y., 1989, Study on cold resistance of *S. spontaneum* L. by means of electrolyte leakage, Journal of agricultural university, 4(3): 211-215 (戴献英, 1989, 电解质渗漏法测定割手密抗寒性的研究, 云南农业大学学报, 4(3): 211-215)
- Deng H.H., Hu H.X., and Ji J.L., 1999, Studies on pollen storage in *S. spontaneum* L. F<sub>1</sub> clones, Ganzhe Tangye (Sugarcane and cane sugar), 4: 1-7 (邓海华, 胡后祥, 吉家乐, 细茎野生种(*S. spontaneum* L.) F<sub>1</sub>花粉低温贮藏的初步探讨, 甘蔗糖业, 4: 1-7)
- Deng H.H., Li Q.W., and Chen Z.H., 2004, Breeding and utilization of new sugarcane parents, Ganzhe (Sugarcane), 11(3): 7-12 (邓海华, 李奇伟, 陈子华, 2004, 甘蔗亲本创新与利用, 甘蔗, 11(3): 7-12)
- Dong L.H., Zhou Q.M., Duan H.F., Yang L.H., An R.D., Tao L.A., and Jing Y.F., 2007, Sugarcane hybrid technology research progress in Ruili of Yunnan plateau inland, Yaredai Nongye Yanjiu (Subtropical Agriculture Research), 3(3): 171-174 (董立华, 周清明, 段惠芬, 杨李和, 安汝

- 东, 桃联安, 经艳芬, 2007, 云南高原内陆瑞丽甘蔗杂交技术研究进展, 亚热带农业研究, 3(3): 171-174)
- Edm é S.J., Glynn N.G., and Comstock J.C., 2006, Genetic segregation of microsatellite markers in *Saccharum officinarum* and *S.spontaneum* L., *Heredity*, 97(5): 366-375
- Edm é S.J., Miller J.D., Glaz B., Comstock J.C., and Tai P.Y.P., 2005b, Genetic contribution to yield gains in the Florida sugarcane industry across 33 years, *Crop Sci.*, 45: 92-97
- Fan Y.H., Chen H., Shi X.W., Cai Q., Zhang M., and Zhang Y.P., 2001, RAPD Analysis of *Sccharum spontaneum* L. from different ecospecific colonies in Yunnan, *Yunnan Zhiwu Yanjiu (Acta Botanica Yunnanica)*, 23(3): 298-308 (范源洪, 陈辉, 史宪伟, 蔡青, 张明, 张亚平, 2001, 甘蔗细茎野生种云南不同生态型的 RAPD 分析, 云南植物研究, 23(3): 298-308)
- He S.C., 1997, Discussing the foreground of development and utilization of sugarcane wild resources in Yunnan, *Yunnan Daxue Xuebao (Journal of Yunnan Agricultural University)*, 2(1):105-111 (何顺长, 1987, 云南省甘蔗野生资源植物开发利用前景的探讨, 云南农大学学报, 2(1):105-111)
- Huang D.Y., Zheng M., Zhuang N.S., Zhu W., Gao H.Q., and Han P.Y., 2000, Studies on the genomic system evolution of sugarcane, *Redai Zuowu Xuebao (Chinese Journal of Tropical Crops)*, 20(1): 43-51 (黄东益, 郑成木, 庄南生, 朱稳, 高和琼, 韩平原, 2000, 甘蔗染色体组构成系统演化的研究, 热带作物学报, 20(1): 43-51)
- Jing Y.F., Chu L.B., Tao L.A., Shun Y.F., Yang L.H., An R.D., Dong L.H., Zhou Q.M., Duan H.F., and Chu L.B., 2008, The study on rationing ability of the new sugarcane varieties (clones) breeding with *S. spontaneum* L. in Manhao yunnan of china, *Sugar Crops of China*, 2: 4-7 (经艳芬, 楚连璧, 桃联安, 孙友方, 杨李和, 安汝东, 董立华, 周清明, 段惠芬, 2008, 含云南蛮耗细茎野生种血缘甘蔗新品种(系)的宿根性研究, 中国糖料, 2: 4-7)
- Kaith B.S., Jindal R., and Maiti M., 2009, Induction of chemical and moisture resistance in *Saccharum Spontaneum* L. fiber through graft copolymerization with methyl methacrylate and study of morphological changes, *Journal of Applied Polymer Science*, 113: 1781-1791
- Kaith B.S., Jindal R., Jana A.K., and Maiti M., 2010, Development of corn starch based green composites reinforced with *Saccharum Spontaneum* L. fiber and graft copolymers-Evaluation of thermal, physico-chemical and mechanical properties, *Bioresource Technology*, 101: 6843-6851
- Lao F.Y., Liu M., He H. Y., Deng H.H., Li Q.W., Chen Z.H., Chen J.W., Fu C., Qi Y.W., and Zhang C.M., 2009, Genetic diversity analysis of sugarcane parents with AFLP in China, *Jiyinzuxue Yu Yingyongshengwuxue (Genomics and Applied Biology)*, 28(3): 503-508 (劳方业, 刘睿, 何慧怡, 邓海华, 李奇伟, 陈仲华, 陈健文, 符成, 齐永文, 张垂明, 2009, 我国甘蔗亲本遗传多样性的 ALFP 标记分析, 基因组学与应用生物学, 28(3): 503-508 )
- Lao F.Y., Liu M., He H.Y., Deng H.H., Chen Z.H., Chen J.W., Fu C., Zhang C.M., and Yang Y.H., 2008, AFLP analysis of genetic diversity in series sugarcane parents developed at HSBS, *Fenzi Zhiwu Yuzhong (Molecular plant breeding)*, 6(3): 517-522 (劳方业, 刘睿, 何慧怡, 邓海华, 陈仲华, 陈健文, 符成, 张垂明, 杨业后, 2008, 崖城系列甘蔗亲本遗传多样性的 ALFP 标记分析, 分子植物育种, 6(3): 517-522)
- Li F.S., and He L.L., 2004, In situ hybridization and its application, *Nongye Shengwu Jishu Kexue (Chinese agricultural biotechnology science)*, 20(4): 54-57 (李富生, 何丽莲, 2004, 原位杂交技术及其在甘蔗中的应用, 农业生物技术科学, 20(4): 54-57)
- Li Q.W., Chen Z. Y., and Liang H., 2000, Modern technology for sugarcane improvement, *Guangzhou: South China University of Technology Press, Guangzhou, China*, pp.11-17, 78 (李奇伟, 陈子云, 梁洪等, 2000, 现代甘蔗改良技术, 华南理工大学出版社, 中国, 广州, pp.11-17, 78)
- Liu H.B., 1997, Research and utilization of the distant hybridization of sugarcane in China mainland, *Sugarcane*, 4(3): 7-9 (刘海斌, 我国大陆甘蔗远缘杂交的研究和利用, 甘蔗, 1997, 4(3): 7-9)
- Liu H.B., Tao L.A., Dong L.H., An R.D., Wu C.W., and Jing Y.F., 2010, Analysis the male's heredity of hybrids F<sub>1</sub> from different *Saccharum Spontaneum*, *Zhongguo Nongxue Tongbao (Chinese Agricultural Science Bulletin)*, 26(18): 67-70 (刘洪博, 桃联安, 董立华, 安汝东, 吴才文, 经艳芬, 不同割手密杂交后代的父性遗传分析, 中国农学通报, 26(18): 67-70)
- Liu X.L., Wu C.W., Mao J., Cai Q., Ying X.M., Ma L., Lu X., Liu J.Y., Zhao J., Zhao P.F., and Fan Y.H., 2010, Construction and evaluation on separate population from sugarcane, *Xinan Nongye Xuebao (Southwest China Journal Science)*, 23(1): 30-36 (刘新龙, 吴才文, 毛钧, 蔡青, 应雄美, 马丽, 陆鑫, 刘家勇, 赵俊, 赵培方, 范源洪, 2010, 甘蔗分离群体的构建和评价, 西南农业学报, 23(1): 30-36)




- Luo J.S., 1992, Sugarcane science, Light industry press, Beijing, China, pp.60-67, 281-305 (骆君肃, 1992, 甘蔗学, 中国, 北京, 轻工业出版社, pp.60-76, 281-305)
- Mary S., Nair N.V., Chaturvedi P.K., and Selvi A., 2006, Analysis of genetic diversity among *Saccharum spontaneum* L. from four geographical regions of India, using molecular markers, Genetic Resource and Crop Evolution, 53(6): 1221-1231
- Miller J.D., and Tai P.Y.P., 1992, Use of plant introduction in sugarcane cultivar development, In. Shands H.L and weisner LE(ed) use of plant introduction in cultivar development: Part 2 Sep. Publ.20 CSSA, Madison, WI, 137-149
- Ming R., Liu S.C., John E.B., Bowers J.E., Moore P.H., Irvine J.E., and Paterson A.H., 2002, Construction of a *Saccharum* consensus genetic map from two interspecific crosses, Crop Sci., 42: 570-583
- Naidu K.M., and Screenivasan T.V., 1987, Conservation of sugarcane germplasm, In Corpersucar International Sugarcane Breeding Workshop, Copersucar Technology Center, Piracicaba-SP, Brazil., 33-70
- Pan Y.B., Burner D.M., Legendre B.L., Grisham M.P., and White W.H., 2004, An assessment of the genetic diversity within a collection of *Saccharum Spontaneum* L. with RAPD-PCR, Genetic Resources and Crop Evolution, 51: 895-903
- Pan Y.B., Burner D.M., Wei Q., Cordeiro G.M., Legendre B.L., and Henry R.J., 2004, New *Saccharum* hybrids in *S. spontaneum* cytoplasm developed through a combination of conventional and molecular breeding approaches, Plant Genetic Resources, 2(2): 131-139
- Peng S.G., 1990, Science of sugarcane breeding, Beijing Agriculture press, Beijing, China, pp.1-62 (彭绍光, 1990, 甘蔗育种学, 北京农业出版社, 中国, 北京, pp.1-62)
- Qi Y.W., Fan L.N., He H.Y., Cheng Y.S., Ao J.H., and Deng H.H., 2009, Genetic diversity assessment of *Saccharum Spontaneum* L. native to Guangdong area with agronomic traits, Ganzhe Tangye (Sugarcane and cane sugar), 3: 7-10 (齐永文, 樊丽娜, 何慧怡, 陈永生, 敖俊华, 邓海华, 2009, 广东割手密资源农艺性状遗传多样性评价, 甘蔗糖业, 3: 7-10)
- Roach B.T., 1972, Nobilization of sugarcane, Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 14: 206-216
- Roach B.T., 1978, Utilization of *Saccharum Spontaneum* L. in sugarcane breeding, Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 16: 43-58
- Roach B.T., 1984, Conservation and use of the genetic resources of sugar cane, Sugar Cane, 2: 7-11
- Tai P.Y.P., and Miller J.D., 2001, A core collection for *Saccharum Spontaneum* L., from the world collection of sugarcane, Crop Sci., 41: 879-885
- Tai P.Y.P., and Miller J.D., 2002, Germplasm diversity among four sugarcane species for sugar compositions, Crop Sci., 42: 958-964
- Tai P.Y.P., Miller J.D., and Legendre B.L., 1994, Preservation of *Saccharum Spontaneum* L. germplasm through storage of true seed, Sugar Cane, 6: 3-8
- Tai P.Y.P., Miller J.D., and Legendre B.L., 1995, Evaluation of the world collection of *Saccharum Spontaneum* L., Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 21: 250-260
- Tao L.A., and Zhang Y.R., 1997, Studies on characters of cutting and solarizing of F<sub>1</sub> from *S. spontaneum* L. × *S. arundinaceum* Retz, Ganzhe (Sugarcane), 4(2): 9-11 (桃联安, 张家瑞, 1997, 云南割手密与斑茅 F<sub>1</sub> 代优良材料抗砍晒种质特性初步研究, 甘蔗, 4(2): 9-11)
- Tao L.A., Chu L.B., Yang L.H., Jing Y.F., An R.D., Dong L.H., Zhou Q.M., and Duan H.F., 2006, Analysis and research on drought resistance of the offspring from yunnan wild sugarcane, Ganzhe Tangye (sugarcane and cane sugar), (3): 7-11 (桃联安, 楚连璧, 杨李和, 经艳芬, 安汝东, 董立华, 周清明, 段惠芬, 2006, 云南野生甘蔗血缘后代抗旱性鉴定分析研究, 甘蔗糖业, 3: 7-11)
- Tao L.A., Chu L.B., Jing Y.F., Liu X.L., An R.D., Dong L.H., Yang L.H., Zhou Q.M., and Duan H.F., 2009, Identification of genuine hybrids from the cross of chewing cane and *Saccharum Spontaneum* L. in Yunnan by SSR markers., Journal of Plant Genetic Resources, 10(1): 132-135 (桃联安, 楚连璧, 经艳芬, 刘新龙, 安汝东, 董立华, 杨李和, 周清明, 段惠芬, 2009, 云南割手密 82-114 种间杂交后代 SSR 分子标记鉴定, 植物遗传资源学报, 10(1): 132-135)
- Walker D.I.T., 1972, Utilization of noble and *Saccharum Spontaneum* L. germplasm in the West Indies, Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., 14: 224-232
- Wang L.P., Cai Q., Fan Y.H., Lu X., and Ma L., 2006, The fuzzy comprehensive evaluation analysis for distant hybrid F<sub>2</sub> generation of sugarcane *S.spontaneum* L., Zhongzi (Seed), 25(11): 4-7 (王丽萍, 蔡青, 范源洪, 陆鑫, 马丽, 2006, 甘蔗细茎野生种远缘杂种 F<sub>2</sub> 代模糊综合评判分析, 种子, 25(11): 4-7)
- Wang L.P., Ma L., Xia H.M., Lu X., Cai Q., Fan Y.H., Chen H., and Liu X.L., 2006, Application of *S .spontaneum* L. in sugarcane cross-breeding, Zhongguo Tangliao (Sugar Crops



- of China), 1: 1-4 (王丽萍, 马丽, 夏红明, 陆鑫, 蔡青, 范源洪, 陈辉, 刘新龙, 2006, 甘蔗细茎野生种 (*S. spontaneum* L.) 在杂交育种中的利用, 中国糖料, 1: 1-4)
- Wang L.P., Cai Q., Lu X., Ma L., and Fan Y.H., 2007, The grey evaluation of distant crossing combination for sugarcane *S. spontaneum* L., *Zhongguo Tangliao* (Sugar Crops of China), 1: 21-24 (王丽萍, 蔡青, 陆鑫, 马丽, 范源洪, 2007, 甘蔗细茎野生种远缘杂交组合的灰色评判, 中国糖料, 1: 21-24)
- Wang L.P., Phillip A.J., Lu X., Fan Y.H., Foreman J.W., Chen X.K., Deng H.H., Fu C., Ma L., and Aitken K.S., 2008, Evaluation of Sugarcane × *S. spontaneum* Progeny for biomass composition and Yield Components, *Corp Science*, 48: 951-961
- Wang Y., Gao H.Q., Zhuang N.S., Huang D.Y., and Ma S., 2008, Karyotype analysis on *Saccharum Spontaneum* L. YC No.11 and badila, *Nongye Shengwu Jishu Kexue* (Chinese agricultural biotechnology science), 24(3): 52-57 (王英, 高和琼, 庄南生, 黄东益, 马帅, 2008, 崖城割手密 11 号与拔地拉核型比较分析, 农业生物技术科学, 24(3): 52-57)
- Wang Z.L., Wang S.Q., Pan S.M., Guo C.F., and Zhen D.H., 2002, Studies on germplasm resources of sugarcane, *Jiangxi Nongye Xuebao* (Acta Agricultural Jiangxi), 14(1): 21-26 (王水琦, 王子琳, 潘世民, 郭陈福, 曾东火, 2002, 甘蔗种质资源的研究, 江西农业学报, 14(1): 21-26)
- Wen J.C., Cai Q., Fan Y.H., Zhang M., and Chen H., 2001, Studies on the chromosome numbers of *Sccharum Spontaneum* L. and related plants-Sclerostachya, *Narenga* in China, *Ganzhe Tangye* (Sugarcane and Cane sugar), 3: 12-15 (文建成, 蔡青, 范源洪, 张明, 陈辉, 2001, 甘蔗属割手密 (*Sccharum Spontaneum* L.) 近缘属斑茅 (*Sclerostachya*) 及河八王 (*Narenga*) 的染色体数目研究, 甘蔗糖业, 3: 12-15)
- Wu C.W., Phillip Jackson, Fan Y.H., Zhao J., Zhao P.F., Liu J.Y., Liu X.L., and Hou C.X., 2009, Study on separability and heritability of yield traits of the distant crossing between *S. officinarum* and *S. spontaneum*, *Zhiwu Yichuan Ziyuan Xuebao* (Journal of Plant Genetic Resources), 10(2): 262-266 (吴才文, Phillip Jackson, 范源洪, 赵俊, 赵培方, 刘家勇, 刘新龙, 侯朝祥, 2009, 甘蔗割手密远缘杂交后代产量性状的遗传与分离, 植物遗传资源学报, 10(2): 262-266)
- Xu W.H., and Yang Q.H., 2005, Drought resistance of *S. spontaneum* L. clones, *Subtropical Agriculture Research*, 1(1): 22-26 (许文花, 杨清辉, 2005, 甘蔗割手密无性系抗旱性鉴定, 亚热带农业研究, 1(1): 22-26)
- Yang L.H., 2004, Studies on posterity of *Saccharum Spontaneum* L. and *S. arundinaceum* retz. and *erianthus rockii* keng for resistance to smut in Yunnan, Ganzhe (China Sugarcane), 11(1): 10-14 (杨李和, 2004, 云南割手密种、斑茅种、滇蔗茅种后代黑穗病抗性研究初报, 甘蔗, 11(1): 10-14)
- Yang L.H., Tao L.A., Jing Y.F., An R.D., Dong L.H., Zhou Q.M., Duan H.F., and Chu L.B., 2008, Drought-resistance heredity analysis of yunnan wild sugarcane, *Zhongguo Tangliao* (Sugar Crops of China), 4: 10-13 (杨李和, 桃联安, 经艳芬, 安汝东, 董立华, 周清明, 段惠芬, 楚连璧, 2008, 云南野生甘蔗抗旱性遗传表现分析, 中国糖料, 4: 10-13)
- Yang Q.H., and He S.C., 1996, Studies on *Sccharum spontaneum* L. Chromosome number and geographical distribution in yunnan, China, Ganzhe (Sugarcane), 3(1): 10-13 (杨清辉, 何顺长, 1996, 云南割手密染色体数目及其地理分布研究, 甘蔗, 3(1): 10-13)
- Yang Q.H., Li F.S., and Xiao F.H., 1998, Analysis of RAPD fingerprinting on of *Saccharum Spontaneum* L., *Yunnan Daxue Xuebao* (Journal of agricultural university), 13(4): 347-351 (杨清辉, 李富生, 肖凤回, 1998, 割手密 RAPD 指纹图谱分析, 云南农业大学学报, 13(4): 347-351)
- Zhang G.M., Huang H.T., Liao J.X., Li H.G., Rong F.Y., Yang R.Z., Fang W.K., Bi S.L., Xian W., and Tan F., 2007, Genetic diversity of *Saccharum Spontaneum* L. with high sugar content in Guangxi based on phenotypic traits and RAPD markers, *Xinan Daxue Xuebao* (Journal of southwest university (Natural science edition)), 29(8): 83-88 (张革民, 黄宏套, 廖江雄, 黎焕光, 容凤玉, 杨荣仲, 方位宽, 闭少玲, 贤武, 谭芳, 2007, 广西高糖割手密的遗传多样性的表型分析和 RAPD 分析, 西南大学学报(自然科学版), 29(8): 83-88)
- Zhang L.H., Fang F.X., Zhang R.H., Fan W.K., You J.H., and Liu H.B., 2009, Chromosome' counting and configuration exhibition of F<sub>1</sub> which cross between sugarcane and the complex of *S. arundinaceum* and *Saccharum Spontaneum* L. The memoir of academic annual symposium of the crop science society of China, pp.157 (张革民, 刘昔辉, 方锋学, 张荣华, 宋焕忠, 方位宽, 游建华, 刘海斌, 2009, 斑茅割手密复合体的创制及其与甘蔗杂交 F<sub>1</sub> 代的染色体计数和形态表现, 中国作物学会学术年会论文摘要集, pp.157)
- Zhang M.Q., Wang H.Z., and Bai C., 2006, Genetic improvement and efficient breeding in sugar crop: *Agricultural Press of*

- China, Beijing, China, pp.1-252 (张木清, 王华中, 白晨, 2006, 糖料作物遗传改良与高效育种, 中国农业出版社, 中国, 北京, pp.1-252)
- Zhang Q., Qi Y.W., Zhang C.M., Chen Y.S., and Deng H.H., 2009, Pedigree analysis of genetic relationship among core parents of sugarcane in Mainland China, Guangdong Nongye Kexue (Agricultural Science in Guangdong), 10: 44-48 (张琼, 齐永文, 张垂民, 陈勇生, 邓海华, 2009, 我国大陆甘蔗骨干亲本亲缘关系分析, 广东农业科学, 10: 44-48)
- Zhang S.Z., Yang B.P., Feng C.L., Luo J.P., Cai W.W., and Liu F.H., 2006, Expression of the Trehalose Synthase Gene Enhances the Drought-tolerance in Sugarcane, Journal of Integrative Plant Biology (Formerly Acta Botanica Sinica), 48(4): 453-459
- Zhou K.Y., 1984, Brief history of sucrose and the origin of sugarcane in China, Ganzhe (Sugarcane), 13(1): 69-83 (周可涌, 1984, 中国蔗糖简史兼论甘蔗起源, 甘蔗, 13(1): 69-83)
- Zhou Y.H., Huang H.N., Chen J.P., Fu C., and Hu H.X., 1999, The successive report on Breeding new parent materials through basic crosses at Hainan sugarcane breeding station, Sugarcane and cane sugar, 3: 1-9 (周耀辉, 黄鸿能, 陈建平, 符成, 胡后祥, 杨业后, 1999, 近年来海南甘蔗育种场开展基础杂交培育新型亲本材料的续报, 甘蔗糖业, 3: 1-9)
- Zhou Y.H., Huang H.N., Li J.F., Yang Y.H., and Fu C., 1996, Studies on characteristic of sugarcane germplasm at Hainan sugarcane breeding station (I), Sugarcane and cane sugar, 1996, 2: 5-11 (周耀辉, 黄鸿能, 李家芳, 杨业后, 符成, 1996, 海南甘蔗育种场甘蔗种性研究(I), 甘蔗糖业, 2: 5-11)
- Zhou Y.H., Huang H.N., Yin P.J., Fu C., and Yang Y.H., 1997, Studies on characteristic of sugarcane germplasm at Hainan sugarcane breeding station (I), Ganzhe Tangye (Sugarcane and cane sugar), 3: 2-8 (周耀辉, 黄鸿能, 殷培军, 符成, 杨业后, 1997, 海南甘蔗育种场甘蔗种性研究(II), 甘蔗糖业, 3: 2-8)
- Zhou Y.H., Li Q.W., Chen J.P., Fu C., Chen X.W., Yang Y.H., and Hu H.X., 1997, Breeding new parent materials through basic crosses at Hainan sugarcane breeding station in recent years, Ganzhe Tangye (Sugarcane and cane sugar), 5: 1-7 (周耀辉, 李奇伟, 建平, 符成, 陈西文, 杨业后, 胡后祥, 1997, 近年来海南甘蔗育种场开展基础杂交培育新型亲本材料的初报, 甘蔗糖业, 5: 1-7)
- Zhu G.Y., and Huang J.S., 1996, Study on cross between *Saccharum* L and *Saccharum* complex, Guangxi Nongye Kexue (Guangxi Agricultural science in), 1: 5-6 (诸葛莹, 黄吉森, 1996, 甘蔗属及其野生近缘植物杂交研究初报, 广西农业科学, 1: 5-6)

 5<sup>th</sup>Publisher是一个致力于科学与文化传播的中文出版平台

在5<sup>th</sup>Publisher上发表论文, 任何人都可以免费在线阅读您的论文

- ※同行评审, 论文接受严格的高质量的评审
- ※在线发表, 论文一经接受, 即刻在线发表
- ※开放取阅, 任何人都可免费取阅无限使用
- ※快捷搜索, 涵盖谷歌学术搜索与知名数据库
- ※论文版权, 作者拥有版权读者自动授权使用

在线投稿: <http://5th.sophiapublisher.com>