



# 2021年全国热带作物学术年会

CHINA TROPICAL CROPS ANNUAL MEETING 2021

热带作物种业高质量发展

# 会议论文集

2021年11月

中国·海南澄迈

# 目 录

1. 112 份橡胶树栽培种质表型性状及 ISSR 标记的遗传多样性分析 .....	1
2. DNA Methylome and LncRNAome Analysis Provide Insights into Mechanisms of Genome-dosage Effects in Autotetraploid Cassava.....	2
3. 变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗营养价值评价.....	3
4. 不同宿根年限甘蔗品种间内源激素及酶活分析.....	17
5. 蛋黄果 SCoT-PCR 反应体系的建立与优化.....	26
6. 国家第 14 轮甘蔗品种区试湛江站评价.....	27
7. 杧果 MiNAC1 基因功能的初步探究.....	35
8. 橡胶树不同品种橡胶质量比较分析.....	36
9. 橡胶树膜系统酵母双杂交 cDNA 文库及 HbSRPP7 诱饵蛋白载体的构建与鉴定.....	37
10. 一种植物启动子和基因靶向扩增多态性 CEAP 分子标记的开发与运用.....	38
11. 乙烯利浓度和割胶频率对橡胶树生胶性能的影响.....	39
12. 奥普尔肥在荔枝标准化生产上的应用示范初报.....	40
13. 槟榔黄化病和槟榔黄叶病毒病原种苗检测研究初报.....	43
14. 不同杧果品种胶乳挥发性成分分析及胶乳的灼伤机制初探.....	44
15. 长春花：一种适宜槟榔黄化病菌富集、测序等研究的寄主植物.....	45
16. 不同土壤改良处理对糖料蔗田间效应、农艺、经济效益影响的研究.....	46
17. 甘蔗化肥农药减施增效技术试验示范报告.....	54
18. 柑橘流胶病病原鉴定.....	62
19. MeJA 诱导芒果采后抗病性及其对防御酶活性和基因表达的影响.....	63
20. 贵州木薯花叶病调查情况初报.....	64
21. 海南保亭虎乳灵芝的分离鉴定.....	72
22. 红湖农场荔枝高效生产关键技术总结.....	73
23. 鸡粪与牛粪复合调理菌渣堆肥效果研究.....	75
24. 间作柱花草绿肥提高了椰园土壤肥力.....	76
25. 剑麻园间种平托花生改良土壤增效试验示范报告.....	83
26. 可可毛色二孢菌 (Lasiodiplodia theobromaea) 中植物激素种类及含量.....	91
27. 龙血树叶斑病原菌的鉴定.....	92
28. 耐铝菌 A14 在砖红壤中的定殖规律及不同外源有机酸对其铝毒的缓解作用研究.....	93
29. DOM 化学多样性与污染物络合活性的分子关联.....	94
30. 石漠化综合治理效益评价—以贵州兴义市南盘江镇整村治理为例.....	95
31. 橡胶树死皮发生的生理与分子机制解析.....	96
32. 一种芒果蒂腐病原菌的鉴定.....	97

33. 应用蚯蚓粪和零价铁对两种砷镉复合污染土壤修复的最佳策略研究.....	98
34. 草果中香气物质的形成及转化过程 .....	106
35. 胡椒瘟病绿色综合防控技术研究与应用.....	107
36. 辣椒素生物合成和调控 .....	109
37. 不同品种槟榔果实发育和生物碱含量的动态变化.....	110
38. 基于 UPLC-Q-TOF-MS 技术海人树叶的成分分析及抗氧化活性研究 .....	111
39. 响应面优化食用槟榔卤水配方的研究 .....	112
40. 番木瓜不同繁殖方式生长特性初探 .....	121
41. 基于随机森林算法构建热区红壤土含氧量对.....	125
42. 大气、土壤环境变化响应模型 .....	125
43. 剑麻产业环境分析 .....	126

# 112 份橡胶树栽培种质表型性状及 ISSR 标记的遗传多样性分析

郑 诚, 刘紫艳, 毛常丽, 吴 裕, 张凤良, 柳 颀\*  
(云南省热带作物科学研究所, 云南 景洪 666100)

**摘 要** 为比较云南主要橡胶树栽培种质表型性状及遗传物质多样性的相关性。对 112 份橡胶树栽培种质的表型性状及遗传物质进行多样性及相关性比较, 分析种质资源间遗传多样性及表型相关性。结果如下, 表型性状中分枝角度变异系数为 34.6%, 叶面积变异系数为 20.64%, 叶片相关的性状统计学上呈极显著相关, 分枝角度及叶面积可以作为种质间多样性比较的参数; 通过聚类分析, 表型性状在相似性阈值为 0.48 时可将 112 份种质分为 4 个大组, ISSR 标记在相似性阈值为 0.78 时可将 112 份种质分为 4 个大类。本研究通过橡胶树栽培种质的表型性状相关性及 ISSR 标记遗传多样性比较分析, 表明 112 份栽培种质具有较近的亲缘关系, 部分遗传背景相同的种质在表型性状上存在差异性。在同一亲本的后代中, 关键表型性状对其环境适应性具有重要意义。

**关键词** 种质资源; 表型性状; 聚类分析; 遗传多样性

---

**基金项目** 国家现代农业产业技术体系资助(CARS-170708)

**作者简介** 田夏红(1983—), 女, 硕士, 农艺师, 研究方向: 作物育种、栽培、种质资源保护等; E-mail: tianxiahong001@163.com。

# DNA Methyloome and LncRNAome Analysis Provide Insights into Mechanisms of Genome–dosage Effects in Autotetraploid Cassava

XIAO Liang, YAN HuaBing

(Cash Crops Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China)

**Abstract:** [Objective] During newly formed polyploidy, one of the most intriguing aspects is that whole-genome duplication (WGD) increase the dosage of all coding and non-coding genes. This study aimed to evaluate the short-term impact of intraspecies genome duplication on the expression of PCGs and lncRNAs of whole genomes, [Method] Artificial synthesized autotetraploid cassava (*Manihot esculenta* Crantz) (4x), together with the diploid (2x), were adopted to conduct integrated maps of methylomes and lncRNAomes. DNA methylation variation of PCGs, lncRNAs and transposable elements (TEs) was analysed in 4x cassava. Association between DNA methylation level and PCGs and lncRNAs expression was assessed, as well as the correlation between PCG- and lncRNA expression levels and the abundance and physical distances from adjacent TEs based on Pearson correlation coefficient in 2x and 4x cassava, respectively. TE methylation level variation related to the distance from the closest PCG and lncRNA were analysed in 4x cassava, [Result] TEs suppressed adjacent PCG-expression levels, while TEs activated the expression of nearby lncRNAs in the cassava genome. The hypermethylation of DNA transposons in mCG and mCHH sites may be an effective way to suppress the expression of nearby PCGs in 4x cassava, resulting in similar expression levels for most of PCGs between 4x and 2x cassava. The decreased methylation levels of retrotransposons in mCHG and mCHH sites, which partly attributed to reduction methylation of *Cypsy* neighboring long intergenic noncoding RNAs in 4x cassava, may be a mechanism that may suppress the expression levels of nearby lncRNA, leading to no significant differences in transcriptome alterations for major of lncRNAs from its diploid parent, [Conclusion] This work highlighted that WGD-induced DNA methylation variation in DNA transposons and retrotransposons may be as direct adaptive responses to dosage of all coding-genes and lncRNAs, respectively.

**Key words:** Autotetraploid cassava; Genome-dosage effect; DNA methylation; LncRNA expression; Protein coding gene expression; Transposon

个人介绍:

肖亮 (1982- ), 男, 博士, 副研究员。本科和硕士毕业于华中农业大学园艺专业, 2013 年获得上海交通大学博士学位, 2016 年底出站于中国农业科学院博士后流动站, 2017 年 2 月在广西壮族自治区农业科学院从事木薯分子生物学研究工作, 在农学和分子生物学方面具有扎实的理论基础, 以第一作者在 *Theor Appl Genet*、*BMC Genomics*、*Food Chemistry: Molecular Sciences*、*西北植物学报 (英文版)*、*热带作物学报* 和 *分子植物育种* 等期刊上发表论文多篇, 其中 SCI 收录 5 篇, 目前一篇文章投稿在 *Biotech for biofuel* (IF=6.0)。

联系方式:

Tel: 13737026178

Email: 352936728@qq.com

## 变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗营养价值评价

杨孝奎<sup>1,2</sup>, 郇恒福<sup>21</sup>, 郇树乾<sup>1\*</sup>, 黄冬芬<sup>2\*</sup>, 刘国道<sup>2</sup>, 刘许霖<sup>2,3</sup>

1. 海南大学动物科技学院 海南海口 570228

2. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所/农业农村部华南作物基因资源与种质创制重点实验室/农业农村部木薯种质资源保护与利用重点实验室, 海南海口 571101

3. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江大庆 163316

**摘要** 山蚂蝗牧草是中国南方重要的牧草资源, 目前在中国山蚂蝗的只有热研 16 号卵叶山蚂蝗一个国审品种, 无法满足南方草业健康稳定发展对于山蚂蝗属品种的多样化需求。本文主要对变色山蚂蝗 (*Desmodium discolor*) 与斜茎山蚂蝗 (*Desmodium distortum*) 种质资源的营养成分进行分析, 对山蚂蝗的粗蛋白 (CP)、粗脂肪 (EE)、粗纤维 (CF)、酸性洗涤纤维 (ADF)、中性洗涤纤维 (NDF)、粗灰分 (Ash)、无氮浸出物 (NFE)、钙 (Ca)、镁 (Mg) 等 9 个指标进行分析测定, 再使用饲料相对值对山蚂蝗的营养价值进行分析评价。研究结果表明, 变色山蚂蝗 CIAT3021、变色山蚂蝗、CIAT13423、变色山蚂蝗 CIAT13441、斜茎山蚂蝗 CIAT33560 的饲料相对值较高, 营养价值较高, 是培育优质新品种的优良育种材料; 斜茎山蚂蝗 CIAT13761、变色山蚂蝗 CIAT3798、变色山蚂蝗 CIAT33647 的饲料相对值较低, 营养价值相对较差。

**关键词** 变色山蚂蝗; 斜茎山蚂蝗; 营养价值; 评价

## Evaluation of the nutritional value of the *Desmodium discolor* and the *Desmodium distortum*

YANG Xxiaokui<sup>1,2</sup>, HUAN hengfu<sup>2\*</sup>, HUAN Shuqian<sup>1\*</sup>, HUANG Dongfen<sup>2\*</sup>, LIU Guodao<sup>2</sup>, LIU Xulin<sup>2,3</sup>

**Abstract:** *Desmodium Desv.* is an important forage crop resource in southern China. At present, there is only one variety of *Desmodium Desv.* in China, which is *Desmodium ovalifolium* Wall. cv. *Reyan No. 16*. This article mainly analyzes the nutrient components of the germplasm resources of the *Desmodium discolor* and the *Desmodium distortum*, and analyzes the crude protein (CP), crude fat (EE), crude fiber (CF), and acid-washed fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF), crude ash (Ash), nitrogen-free extract (NFE), calcium (Ca), magnesium (Mg) and other 9 indicators are analyzed and measured, and then the relative value of feed and nutritional value of the *Desmodium discolor* CIAT3021, the *Desmodium discolor* CIAT13423, the *Desmodium discolor* CIAT13441, and the *Desmodium distortum* CIAT33560 were higher, and the nutritional were higher. The relative value of feed of the *Desmodium distortum* CIAT13761 and the *Desmodium discolor* CIAT3798 and the *Desmodium discolor* CIAT33647 is low, and the nutritional value is relatively poor.

**Key words:** mountain locust, nutrient composition, Nutritional value, evaluation

山蚂蝗属 (*Desmodium Desv.*) 是豆科蝶形花亚科山蚂蝗族, 一年或多年生草本或灌木植物, 广泛分布于热带和亚热带地区, 全球共有 350 到 450 种, 是中国重要的豆科牧草之一, 主要分布在我国西南至东南部<sup>[1]</sup>。不同的山蚂蝗种质资源具有不同的生长优势, 在对山蚂蝗的植物学性状分析发现 32 个植物学性状中

**基金项目** 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系; 海南省自然科学基金项目 (2019CXTD415); 国家重点基础研究计划课题 (2014CB138706); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (1630032017032, 1630032021015)

**作者简介** 杨孝奎 (1995-), 男, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 研究方向为热带牧草资源开发与利用, E-mail: [1075990810@qq.com](mailto:1075990810@qq.com)。  
1 通讯作者 (Corresponding author): 郇恒福 E-mail: [hengfu.huan@163.com](mailto:hengfu.huan@163.com), [huangdongfen2002@163.com](mailto:huangdongfen2002@163.com), [huanshuqian@163.com](mailto:huanshuqian@163.com)

荚果形状和茎毛类型变异系数最大,分别为 60.72%和 50.45%,说明山蚂蝗属具有丰富的遗传多样性,并且具有高产优质的特点,可作为育种的候选材料<sup>[2]</sup>。山蚂蝗属植物是一种具有高潜力的蛋白质牧草饲料,有抗性强,产量高,营养丰富等特点,具有较高的饲用价值<sup>[2-4]</sup>。山蚂蝗属植物可以作为蛋白补充饲料与粗饲料配合饲喂动物,可以提高饲料的利用价值,降低饲料的生产成本<sup>[6]</sup>。在对山蚂蝗牧草的腐解特性研究发现,山蚂蝗牧草还是中国南方重要的绿肥资源,不同山蚂蝗属绿肥对土壤有机质含量影响的效果不一,但在施用 1 年内均能显著 ( $p<0.05$ ) 增加土壤有机质的含量<sup>[7-8]</sup>。山蚂蝗属植物多分布于热带、亚热带,中国有 27 种 5 变种。自 1980 年以来先后从澳大利亚、哥伦比亚等国引进多份山蚂蝗属植物种质资源,在海南、广东、云南等省区种植和驯化并申报新品种<sup>[9]</sup>。现在对于山蚂蝗牧草的研究还是比较少,中国只有热研 16 号卵叶山蚂蝗 (*Desmodium ovalifolium* Wall. cv. *Reyan* No. 16) 一个国审品种。而不同的山蚂蝗具有不同的遗传多样性,一个山蚂蝗品种不能满足南方草牧业多样化的发展需求,所以培育不同的更优质山蚂蝗牧草资源是山蚂蝗牧草资源发展必不可少的一部分,开发出耐旱、耐盐、营养价值高的山蚂蝗牧草资源也有助于山蚂蝗品种的培育。目前,山蚂蝗属植物种质资源较多的是中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所草业研究中心,约收集保存了 16 种,300 多份<sup>[10]</sup>。在中国南方,山蚂蝗是重要的牧草资源,对山蚂蝗牧草的研究有助于促进中国南方牧草资源的开发利用,也有助于山蚂蝗牧草品种的培育。

本研究旨在研究不同的变色山蚂蝗 (*Desmodium discolor*) 与斜茎山蚂蝗 (*Desmodium distortum*) 种质资源的营养成份,对山蚂蝗的营养成分进行分析,为山蚂蝗新品种的培育提供一定的科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料生境概况

试验材料为 2019 年从哥伦比亚国际热带农业中心 (CIAT) 新引进的山蚂蝗种质资源,并以热研 16 号卵叶山蚂蝗做对照,具体明细见表 1。试验材料种植于海南省儋州市中国热带农业科学院热带作物品种资源研究草业研究中心基地,该基地地处北纬 19°31',东经 109°34'、海拔 149m,属热带季风气候类型。试验地年均温 23.98°C 极端低温 1.8°C,极端高温 40.0°C,年均降水 2135.9mm 其中雨季 (5-10 月份) 降水量占全年绝大部分,高达 82.42%,早季降水 (11 月-年 4 月) 仅占 17.58%,降水量极不均匀。

土壤为花岗岩发育的砖红壤,土理化性质:pH5.88,有机质 12.06g/kg,全氮 10.94g/kg,有效磷 40.8mg/kg,速效钾 56.4mg/kg,有效钙 176.9mg/kg,有机质含量为 23.79g/kg<sup>[11-13]</sup>。

表 1 山蚂蝗属种质明细表

Tab.1 Germplasm list of the *Desmodium* Desv.

编号 number	名称 name	CIAT 编号 CIAT number
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647

7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan No. 16</i>	CIAT350

## 1.2 材料及采样方法

2021年5月21日对试验样品进行取样,此时山蚂蝗处于营养期。采样部位为山蚂蝗的地上部,取样后,在105°C的高温下杀青30分钟,再转移至在65°C烘箱中烘至恒重。将样品用粉碎机粉碎过筛,用自封袋封装备用。

## 1.3 试验设计及指标测定方法

### 1.3.1 常规养分含量测定

采用凯氏定氮法测定山蚂蝗的粗蛋白含量<sup>[14]</sup>、采用索氏提取法测定粗脂肪含量<sup>[15]</sup>、采用550°C灼烧残渣法测粗灰分含量<sup>[16-17]</sup>、无氮浸出物<sup>[10]</sup>、采用酸碱消煮法测定山蚂蝗的粗纤维<sup>[18]</sup>、参照 Goering H K 和 Van Soest 方法测酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维<sup>[19]</sup>,再对钙<sup>[20]</sup>、镁<sup>[21]</sup>的进行测定,对测定的结果再与热研16号卵叶山蚂蝗进行对照分析。

### 1.3.2 饲料相对值的计算方法

RFV<sup>[22]</sup>是由美国饲草和草原理事会下属的干草市场全国饲草协会(National Forage Testing Association)确认的,粗饲料相对价值指数是目前美国唯一广泛使用的(销售、库存及根据家畜对粗饲料质量的要求投料等)粗饲料质量评定指数其定义:相对一特定标准粗饲料(盛花期苜蓿值RFV为100)某种粗饲料可消化干物质的采集量。样品的饲料相对值(RFV)为:  $RFV = DMI (\% \text{体质量}) * DDM (\%DM) / 1.29$ 。

其中,DMI为粗饲料干物质的随意采食量,单位为%体质量;DDM(为可消化的干物质,单位为%DM)。DMI与DDM的预测模型分别为  $DMI (\% \text{体质量}) = 120 / NDF (\%DM)$ ;  $DDM (\%DM) = 88.9 - 0.779 * ADF (\%DM)$ 。

## 1.4 数据统计与分析

采用Excel2017软件对实验数据进行整理和计算,试验结果均以平均值±标准差表示。采用SPSS19.0软件对结果进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 粗蛋白含量

粗蛋白含量是牧草营养价值重要的指标,提高粗蛋白的含量是改善牧草品质的重要内容。由表2可知,变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗在营养期的粗蛋白含量具有显著差异( $P < 0.05$ ),粗蛋白含量在8.99%-19.69%之间,其中变色山蚂蝗中CIAT13423的粗蛋白含量最高,为19.69%,变色山蚂蝗CIAT3021的粗蛋白含量最低,为11.85%;斜茎山蚂蝗中CIAT43218的粗蛋白含量最高,为19.06%,斜茎山蚂蝗CIAT33560的粗蛋



白含量最低, 为 15.51%, 且两种粗蛋白含量变化具有显著性差异 ( $P<0.05$ ), 但斜茎山蚂蝗的粗蛋白含量的平均值高于变色山蚂蝗。与热研 16 号卵叶山蚂蝗相比变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗的粗蛋白含量均显著高于热研 16 号卵叶山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。

表 2 山蚂蝗的粗蛋白含量及其统计分析

Tab. 2 The crude protein content and its statistical analysis of *Desmodium Desv.*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	粗蛋白含量% CP content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	14.04±0.67 <sup>d</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	19.69±0.32 <sup>a</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	12.25±0.67 <sup>e</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	13.36±0.32 <sup>d</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	11.85±0.08 <sup>e</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	14.12±0.79 <sup>d</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	17.25±0.47 <sup>b</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	16.81±0.61 <sup>b</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	15.51±0.40 <sup>c</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	19.06±0.25 <sup>a</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> <i>Wall. cv. Reyan No. 16</i>	CIAT350	8.99±0.39 <sup>f</sup>

## 2.2 粗脂肪含量

植物粗脂肪含量是植物营养价值重要的指标, 在一定范围内粗脂肪含量越高营养价值越高。由表 3 可知, 变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗的粗脂肪含量范围在 7.70%-11.77%之间, 其中斜茎山蚂蝗 CIAT33560 的粗脂肪含量最高, 为 11.77%, 显著高于变色山蚂蝗 CIAT3798、CIAT23857、CIAT3021、CIAT13423、CIAT13419、斜茎山蚂蝗 CIAT13761 ( $P<0.05$ ), 变色山蚂蝗 CIAT13419 的粗脂肪含量最低, 为 7.70%。与热研 16 号卵叶山蚂蝗相比, 只有斜茎山蚂蝗 CIAT33560 的粗脂肪含量显著高于热研 16 号卵叶山蚂蝗 ( $P<0.05$ ), 其它的与热研 16 号卵叶山蚂蝗差异不显著 ( $P>0.05$ )。

表 3 山蚂蝗的粗脂肪含量及其统计分析

Tab. 3 Crude fat content and its statistical analysis of *Desmodium Desv.*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	粗脂肪含量% CF content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	7.70±0.59 <sup>d</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	8.31±0.46 <sup>bcd</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	10.22±0.52 <sup>abcd</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	8.51±0.57 <sup>bcd</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	8.88±2.40 <sup>bcd</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	10.41±0.11 <sup>abc</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	9.05±0.51 <sup>bcd</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	8.10±0.13 <sup>cd</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	11.77±0.98 <sup>a</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	10.73±2.82 <sup>ab</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium Wall.</i> cv. <i>Reyan No. 16</i>	CIAT350	10.22±1.96 <sup>abcd</sup>

### 2.3 粗纤维含量

粗纤维含量是牧草营养价值重要的指标,降低粗纤维的含量是改善牧草品质的重要内容。由表 4 可知,变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗的粗纤维含量在 17.17%-28.38%之间,其中变色山蚂蝗 CIAT33647 的粗纤维含量最高,为 28.38%,显著高于其它山蚂蝗,变色山蚂蝗 CIAT13423 的粗纤维含量最低,为 17.17%,显著低于其它山蚂蝗 ( $P<0.05$ ),变色山蚂蝗 CIAT13419、斜茎山蚂蝗 CIAT43218、斜茎山蚂蝗 CIAT33560、变色山蚂蝗 CIAT3021 之间差异不显著 ( $P>0.05$ ),变色山蚂蝗 CIAT3798、变色山蚂蝗 CIAT13441、变色山蚂蝗 CIAT23857、斜茎山蚂蝗 CIAT13761 之间差异不显著 ( $P>0.05$ )。与热研 16 号卵叶山蚂蝗相比,热研 16 号卵叶山蚂蝗的粗纤维含量显著高于这些山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。

表 4 山蚂蝗的粗纤维含量及其统计分析

Tab.4 Crude fiber content and its statistical analysis of *Desmodium Desv.*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	粗纤维含量% CF content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	20.01±1.16 <sup>d</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	17.17±2.39 <sup>e</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	23.50±1.33 <sup>e</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	25.72±0.89 <sup>e</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	19.39±1.38 <sup>d</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	28.38±0.23 <sup>b</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	24.27±0.58 <sup>e</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	23.91±0.63 <sup>e</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	19.36±0.94 <sup>d</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	19.89±1.82 <sup>d</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan No. 16</i>	CIAT350	34.81±0.48 <sup>a</sup>

## 2.4 酸性洗涤纤维含量

在营养期变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗的酸性洗涤纤维（ADF）含量在 17.02%-29.07%之间，变色山蚂蝗 CIAT23857 的 ADF 含量最高，为 29.07%；变色山蚂蝗 CIAT13423 的 ADF 含量最低，为 17.02%。变色山蚂蝗 CIAT33647、变色山蚂蝗 CIAT23857、斜茎山蚂蝗 CIAT13761 的 ADF 显著高于变色山蚂蝗 CIAT13441、变色山蚂蝗 CIAT3021、变色山蚂蝗 CIAT13423、变色山蚂蝗 CIAT13419、斜茎山蚂蝗 CIAT43218、斜茎山蚂蝗 CIAT33560 ( $P < 0.05$ )。变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗的 ADF 含量显著低于热研 16 号卵叶山蚂蝗 ( $P < 0.05$ )。

表 5 山蚂蝗的酸性洗涤纤维含量及其统计分析

Tab.5 ADF content and its statistical analysis of *Desmodium Desv.*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	ADF含量% ADF content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	22.62±3.35 <sup>def</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	17.22±2.06 <sup>h</sup>

3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	20.11±0.21 <sup>gh</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	29.07±1.75 <sup>b</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	19.26±0.96 <sup>gh</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	28.95±0.96 <sup>b</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	25.75±0.44 <sup>cd</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	26.92±0.84 <sup>bc</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	23.39±1.02 <sup>de</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	22.31±0.60 <sup>efg</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan</i> No. 16	CIAT350	39.28±3.40 <sup>a</sup>

## 2.5 中性洗涤纤维含量

山蚂蝗的中性洗涤纤维 (NDF) 含量在 35.34%-50.62% 之间, 其中斜茎山蚂蝗 CIAT13761 的 NDF 含量最高, 变色山蚂蝗 CIAT23857 其次, 这两个山蚂蝗的 NDF 含量显著高于其它山蚂蝗 ( $P < 0.05$ ), 变色山蚂蝗 CIAT13423 的 NDF 含量最低, 为 35.34%, 且与变色山蚂蝗 CIAT3021、斜茎山蚂蝗 CIAT43218 差异不显著 ( $P > 0.05$ )。热研 16 号卵叶山蚂蝗的 NDF 含量为 45.81%, 与变色山蚂蝗 CIAT3798 差异不显著, 与其它山蚂蝗差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 6 山蚂蝗的中性洗涤纤维含量及其统计分析

Tab.6 NDF content its statistical analysis of *Desmodium* Desv.

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	NDF含量% NDF content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	38.47±0.50 <sup>e</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	35.34±0.53 <sup>f</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	37.33±1.68 <sup>e</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	48.19±1.37 <sup>b</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	36.82±1.22 <sup>ef</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	43.50±1.08 <sup>d</sup>

7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	44.09±0.80 <sup>cd</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	50.62±0.84 <sup>a</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	38.03±0.52 <sup>e</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	36.93±0.64 <sup>ef</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. Reyan No. 16	CIAT350	45.81±1.60 <sup>e</sup>

## 2.6 粗灰分含量

变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗的粗灰分含量在 7.01%-11.02%之间, 其中斜茎山蚂蝗 CIAT13761 粗灰分含量最高, 为 11.02%, 显著高于其它山蚂蝗, 变色山蚂蝗 CIAT3798 和变色山蚂蝗 CIAT23857 粗灰分含量差异不显著, 变色山蚂蝗 CIAT13423 与变色山蚂蝗 CIAT13441、斜茎山蚂蝗 CIAT33560 粗灰分含量差异不显著, 其余山蚂蝗粗灰分含量之间有显著差异 ( $P<0.05$ )。热研 16 号卵叶山蚂蝗的粗灰分含量为 4.04%, 显著低于变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。

表 7 山蚂蝗的粗灰分含量及其统计分析

Tab.7 Ash content its statistical analysis of *Desmodium Desv.*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	粗灰分含量% Ash content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	7.01±0.09 <sup>b</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	9.97±0.07 <sup>cd</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	10.11±0.18 <sup>c</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	9.35±0.16 <sup>e</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	7.45±0.06 <sup>g</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	7.85±0.08 <sup>f</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	9.24±0.21 <sup>e</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	11.02±0.09 <sup>a</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	9.76±0.14 <sup>d</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	10.72±0.21 <sup>b</sup>

11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan No. 16</i>	CIAT350	4.04±0.16 <sup>i</sup>
----	-----------------------------------------------------------------------------	---------	------------------------

## 2.7 无氮浸出物含量

变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗的无氮浸出物含量在 39.24%-52.43%之间, 其中变色山蚂蝗 CIAT3021、变色山蚂蝗 CIAT13419 的无氮浸出物的含量最高, 二者没有显著性差异, 但显著高于其他山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。变色山蚂蝗 CIAT33647 的无氮浸出物含量最低, 为 39.24%, 与斜茎山蚂蝗 CIAT43218、斜茎山蚂蝗 CIAT13761 的无氮浸出物含量差异不显著, 与其它山蚂蝗有显著性差异 ( $P<0.05$ )。热研 16 号卵叶山蚂蝗的无氮浸出物含量为 41.94%, 只与变色山蚂蝗 CIAT3021、变色山蚂蝗 CIAT13419 的无氮浸出物含量有显著性差异 ( $P<0.05$ )。

表 7 山蚂蝗的无氮浸出物含量及其统计分析

Tab. 7 Nitrogen-free extract content its statistical analysis of *Desmodium Desv*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	NFE含量% NFE content
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	51.24±1.41 <sup>a</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	44.86±2.85 <sup>b</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	43.91±1.18 <sup>b</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	43.05±0.90 <sup>bcd</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	52.43±3.52 <sup>a</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	39.24±1.09 <sup>e</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	40.16±0.93 <sup>cde</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	40.16±0.87 <sup>cde</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	43.59±0.72 <sup>bc</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	39.60±0.72 <sup>de</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan No. 16</i>	CIAT350	41.94±2.42 <sup>bcd</sup>

## 2.8 饲料相对值

通过计算得知变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗的饲料相对值(RFV)在 124.88%-198.73%, 其中变色山蚂蝗 CIAT13423 的饲料相对值最高, 高达 198.73%, 显著高于其它山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。斜茎山蚂蝗 CIAT13761

的饲料相对值最低, 为 124.88%, 与变色山蚂蝗 CIAT23857 的饲料相对值差异不显著, 但显著低于其他山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。斜茎山蚂蝗 CIAT43218 与变色山蚂蝗 CIAT13419 和斜茎山蚂蝗 CIAT33560、变色山蚂蝗 CIAT13441 和变色山蚂蝗 CIAT3021 饲料相对值差异不显著。热研 16 号卵叶山蚂蝗的饲料相对值为 118.37% 与斜茎山蚂蝗 CIAT13761 差异不显著, 但显著低于其它山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。

表 8 山蚂蝗的饲料相对值

Tab. 8 The relative value of the fodder of *Desmodium Desv*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	饲料相对值 RFV
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	172.33±5.29 <sup>e</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	198.73±5.22 <sup>a</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	182.77±8.66 <sup>b</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	127.96±4.43 <sup>e</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	186.82±5.23 <sup>b</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	141.86±1.41 <sup>d</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	145.28±3.32 <sup>d</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	124.88±1.59 <sup>ef</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	172.88±2.66 <sup>c</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	180.17±2.55 <sup>bc</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan No. 16</i>	CIAT350	118.37±1.59 <sup>f</sup>

## 2.9 钙含量

对山蚂蝗的钙含量分析发现, 变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗的钙含量在 0.81%-1.04%之间。其中变色山蚂蝗 CIAT13419 的钙含量最高, 为 1.04%, 与变色山蚂蝗 CIAT33647、变色山蚂蝗 CIAT13441 钙含量差异不显著, 与其它山蚂蝗钙含量有显著性差异 ( $P<0.05$ )。斜茎山蚂蝗 CIAT33560、CIAT13761 的钙含量较低, 为 0.81%、0.82%, 显著低于其它山蚂蝗的钙含量。热研 16 号卵叶山蚂蝗的钙含量为 1.38%显著高于变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。

表 9 山蚂蝗的钙含量及其统计分析

Tab. 9 Calcium content its statistical analysis of *Desmodium Desv*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	钙含量% Ca content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	1.04±0.01 <sup>b</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	0.95±0.01 <sup>de</sup>
3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	1.03±0.00 <sup>bc</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	0.93±0.00 <sup>e</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	0.93±0.01 <sup>e</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	1.02±0.01 <sup>bcd</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	0.92±0.01 <sup>e</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	0.82±0.01 <sup>f</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	0.81±0.00 <sup>f</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	0.97±0.01 <sup>cde</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan</i> No. 16	CIAT350	1.38±0.03 <sup>a</sup>

## 2.10 镁含量

对变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗的镁含量分析发现, 变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗的镁含量在 0.14%-0.38%之间。其中斜茎山蚂蝗 CIAT43218 的镁含量最高, 为 0.38%, 显著高于其它山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。斜茎山蚂蝗 CIAT13761 的镁含量最低, 为 0.14%, 显著低于其它山蚂蝗 ( $P<0.05$ )。变色山蚂蝗 CIAT3021 和变色山蚂蝗 CIAT13419 的镁含量差异不显著, 其它山蚂蝗之间具有显著性差异 ( $P<0.05$ )。热研 16 号卵叶山蚂蝗的镁含量我 0.38%, 与斜茎山蚂蝗 CIAT43218 没有显著差异, 与其它山蚂蝗有显著性差异 ( $P<0.05$ )。

表 10 山蚂蝗的镁含量及其统计分析

Tab.10 Magnesium content its statistical analysis of *Desmodium Desv.*

编号 number	名称 name	CIAT编号 CIAT number	镁含量% Mg content%
1	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13419	0.27±0.00 <sup>e</sup>
2	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13423	0.29±0.00 <sup>d</sup>



3	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT13441	0.31±0.00 <sup>c</sup>
4	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT23857	0.21±0.00 <sup>f</sup>
5	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3021	0.28±0.01 <sup>e</sup>
6	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT33647	0.20±0.00 <sup>g</sup>
7	变色山蚂蝗 <i>Desmodium discolor</i>	CIAT3798	0.17±0.00 <sup>h</sup>
8	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT13761	0.14±0.00 <sup>i</sup>
9	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT33560	0.32±0.00 <sup>b</sup>
10	斜茎山蚂蝗 <i>Desmodium distortum</i>	CIAT43218	0.38±0.00 <sup>a</sup>
11	热研16号卵叶山蚂蝗 <i>Desmodium ovalifolium</i> Wall. cv. <i>Reyan</i> No. 16	CIAT350	0.38±0.01 <sup>a</sup>

### 3 讨论

山蚂蝗属植物是一种营养价值较高的牧草资源，有较高的蛋白质含量，具有抗性强，产量高，营养丰富等特点，具有较高的研究价值与饲用价值<sup>[3]</sup>。陈燕琴<sup>[23]</sup>等对山蚂蝗营养价值的动态研究分析发现，不同的生长时期其营养价值变化有交单差异，但大部分在营养期的营养价值最好，因此最好在营养期对山蚂蝗营养价值研究分析。山蚂蝗牧草的营养品质主要取决于它的营养成分含量及其种类，其中粗蛋白和粗纤维是两项重要的指标，提高粗蛋白的含量，降低粗纤维含量是改善牧草品质的重要内容<sup>[24]</sup>。本次实验所采用 17 份山蚂蝗属材料在营养期的营养成分含量具有较大的不同，与刘苗苗<sup>[25]</sup>等研究者的研究结果相比，此次测的粗蛋白含量相比较低，这可能是由于新引进的山蚂蝗种植地点的改变和取样时间的不同（5 月份取样）对山蚂蝗的营养成分有很大的影响，另外，采集部位的不同也可能是山蚂蝗营养成分变化的主要原因<sup>[26]</sup>。与国审品种热研 16 号卵叶山蚂蝗相比，变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗在粗蛋白含量上较高与热研 16 号卵叶山蚂蝗，粗纤维含量较低于热研 16 号卵叶山蚂蝗，这表明了新引进的山蚂蝗也具有较高的育种价值<sup>[27]</sup>。在粗脂肪、粗灰分、无氮浸出物含量上，热研 16 号卵叶山蚂蝗与一些变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗种质资源有显著性差异，这也说明了变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗有些种质资源是优于热研 16 号卵叶山蚂蝗的，也表明了变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗具有较高的营养价值。然而变色山蚂蝗与斜茎山蚂蝗的钙镁含量显著低于热研 16 号卵叶山蚂蝗，这可能是由于种植地点和取样时间导致的结果<sup>[26]</sup>。

与南方牧草柱花草相比变色山蚂蝗 CIAT13423、斜茎山蚂蝗 CIAT43218、变色山蚂蝗、CIAT3798 的粗蛋白含量显著高于热研 2 号柱花草，变色山蚂蝗 CIAT3021、变色山蚂蝗 CIAT13441 的粗蛋白含量显著高于热研 2 号柱花草<sup>[28]</sup>，粗脂肪含量显著高于热研 2 号柱花草山蚂蝗，饲料相对值也显著高于热研 2 号柱花草，着说明变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗具有较高的营养价值与饲用价值（ $P < 0.05$ ）。粗纤维含量的过高或过低，都会对动物的生长产生影响<sup>[29]</sup>，本次实验测的山蚂蝗的粗蛋白、粗脂肪高于王草、坚尼草等，中性洗涤纤维含量显著低于禾本科牧草，因此山蚂蝗可以作为畜牧生产中的优良牧草<sup>[30]</sup>。粗灰分和无氮浸出物是动物生产性能的重要的营养指标，饲料中无氮浸出物含量高，适口性好，消化率高，是动物能量的主要来源。在本次实验中有些山蚂蝗的粗灰分的含量较高，高达 10% 以上，这表明山蚂蝗中含有丰富的矿物质。

## 4 结论

本次实验测定的十个指标对山蚂蝗的营养价值有着不同的影响。通过饲对变色山蚂蝗和斜茎山蚂蝗的营养价值分析发现, 变色山蚂蝗 CIAT3021、变色山蚂蝗、CIAT13423、变色山蚂蝗 CIAT13441、斜茎山蚂蝗 CIAT33560 的饲料相对值最高, 营养价值最高, 是培育优质新品种的优良育种材料; 斜茎山蚂蝗 CIAT13761、变色山蚂蝗 CIAT3798、变色山蚂蝗 CIAT33647 的饲料相对值最低, 营养价值相对较差。

## 参考文献

- [1]陈艳琴, 周汉林, 刘国道. 山蚂蝗饲料资源研究进展[J]. 草业科学, 2010,27(10): 173-178.
- [2]严琳玲, 张瑜, 董荣书, 郇恒福, 等. 基于植物学性状分析山蚂蝗属种质的遗传多样性[J]. 草地学报, 2020,28(03): 640-651.
- [3]Lee, Mark, A. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments[J]. Journal of Plant Research, 2018,131(4): 641-654.
- [4]字学娟, 李茂, 张亚格, 等. 热带地区粗饲料资源研究进展[J]. 家畜生态学报, 2018,39(01): 80-83.
- [5]帕明秀, 黄志伟. 广西38种牧草的化学成分分析及营养价值评定[J]. 广西畜牧兽医, 2014, 30(06):287-289.
- [6]Mutimura M , Ebong C , Rao I M , et al. Effects of supplementation of *Brachiaria brizantha* cv. Piatá and Napier grass with *Desmodium distortum* on feed intake, digesta kinetics and milk production in crossbred dairy cows[J]. Animal Nutrition, 2018, 4(02): 222-227.
- [7]郇恒福, 黄睿, 高玲, 等. 野生山蚂蝗绿肥对酸性土壤有机质含量的动态影响[J]. 草地学报, 2019,27(02): 515-518.
- [8]陈宁, 高玲, 刘国道, 等. 热带豆科绿肥腐解特性探究[J]. 热带作物学报, 2016, 37(08): 1470-1475.
- [9]王春梅. 山蚂蝗属种质资源的全基因组分析[D]. 兰州: 甘肃农业大学图书馆, 2007.
- [10]袁福锦, 奎嘉祥, 谢有标. 南亚热带湿热地区引进豆科牧草的适应性及评价[J]. 四川草原, 2005(10): 9-12.
- [11]杨帆, 张宇, 余爱. 配方施肥对热研2号柱花草产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2013, 2(4): 264-270.
- [12]李茂, 字学娟, 周汉林, 等. 二十种热带木本饲料的营养价值研究[J]. 家畜生态学报, 2013(7): 30-34.
- [13]侯立恒, 王熊飞, 王汀忠, 等. 海南省耕地有机质和 pH 值变化分析[J]. 农业科技通讯, 2018,000(001): 120-123.
- [14]GB/T6432-94. 饲料中粗蛋白测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [15]姚虹. 索氏提取法测定脂肪含量方法改进[J]. 中州大学学报, 1996(04): 64-65.
- [16]杨胜. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 230-250.
- [17]汪梦萍. 饲料营养成分分析[M]. 武汉: 华中农业大学出版社, 1999: 1-104.
- [18]GB/T6434-2006/ISO6865-2000. 饲料中粗纤维的含量测定(过滤法)[S].
- [19]Goering H K, Van Soest P J. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some application)[A]. Agriculture Handbook[C]. Washington D C: ARS,USDA,1970.
- [21]GB/T6436-2018, 饲料中钙的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [22]Rohweder, D, A, et al. Proposed Hay Grading Standards Based on Laboratory Analyses for Evaluating Quality[J]. Journal of Animal Science, 1978, 47(3): 747-747.
- [23]陈艳琴, 刘斌, 周汉林, 等. 6种山蚂蝗养分及单宁含量随生育期变化动态[A]. 中国草学会, 2010: 8.
- [24]郑凯, 顾洪如, 沈益新, 等. 牧草品质评价体系及品质育种的研究进展[J]. 草业科学, 2006(05): 57-61.
- [25]刘苗苗, 尹小畅, 严琳琳, 等. 山蚂蝗属(*Desmodium Desv.*)营养期营养成分分析[J]. 热带作物学报, 2015,36(01): 125-131.
- [26]杨帆, 张宇, 余爱, 等. 配方施肥对热研2号柱花草产量和品质的影响[J]. 草业学报, 2012,21(02): 264-270.
- [27]白昌军, 刘国道, 何华玄, 等. 热研16号卵叶山蚂蝗选育与利用[J]. 草地学报, 2008(01): 39-44.

- [28]张亚格,李 茂,周汉林等.3 个品种柱花草的营养成分和产气特征[J].草业科学,2017,34(01):165-172.
- [29]赵 钢,陈嘉辉,余晓华,等.不同品种柱花草营养价值的动态变化[J].仲恺农业工程学院学报,2012,25(03):15-18.
- [30]李 茂,字学娟,侯冠彧等.体外产气法评价 5 种热带禾本科牧草营养价值[J].草地学报,2013,21(05):1028-1032.

## 不同宿根年限甘蔗品种间内源激素及酶活分析

程琴, 谭秦亮, 李佳慧, 朱鹏锦, 周全光, 欧克纬, 卢业飞, 吕平, 庞新华\*  
(广西壮族自治区亚热带作物研究所, 广西 南宁 530001)

**摘要** 不同的甘蔗品种宿根性强弱存在很大差异, 为了研究不同宿根年限甘蔗品种间的表现, 以种植在广西农垦昌菱农场的 2 年和 5 年宿根蔗(桂热蔗 2 号 and 对照 ROC22 号)为研究对象, 通过测定宿根萌发期根、茎、叶中可溶性糖、可溶性蛋白、内源激素及相关酶活指标。结果显示: 可溶性糖和可溶性蛋白主要集中部位是茎和叶, GR2 号五年宿根蔗的茎部可溶性糖含量最高; 桂热 2 号中 ABA 的含量降幅最大, 与宿根性强弱关系紧密, GA3 与宿根性的强弱成负相关, 与 ABA 和 IAA 的变化趋势相反; 植物过氧化氢酶(CAT)、植物苯丙氨酸解氨酶(PAL)与宿根性强弱成正相关, 植物蔗糖合成酶(SS)与宿根性强弱成负相关, 植物蛋白酶(protease)在桂热 2 号五年宿根蔗中含量最高; 通过极点排序法计算得到 ABA, IAA, GA3, CAT, PAL, Protease, SOD, SS 的权重系数为 0.186, 0.136, 0.107, 0.074, 0.115, 0.165, 0.056, 0.159。其中 ABA、protease 和 SS 含量的权重系数较大, 说明这三个指标对甘蔗宿根性的影响较大; 宿根萌发期各品系宿根性强弱排序为: GF1>GT1>RT1>RF1, 说明桂热蔗 2 号的宿根性强于 ROC22, 甘蔗桂热 2 号值得推广的强宿根性品种。

**关键词** 甘蔗; 内源激素; 酶活; 极点排序法

## Endogenous Hormones and Enzyme Activity Analysis in Different Perennial Root Age of Sugarcane Varieties

CHENG Qin, TAN Qinliang, LI Jiahui, ZHU Pengjin, ZHOU Quan guang, OU Kewei, LU Yefei,  
LV Ping, PANG Xinhua\*

(Guangxi Institute of Subtropical Crops, Nanning, Guangxi, China 530001)

**Abstract:** There is a big difference ratooning ability in different sugarcane varieties, to study the performance of sugarcane varieties in different perennial root years, the research objects are two years and five years perennial root of sugarcane which grow in Guangxi farm Changling (GuiRe 2 and contrast ROC22), perennial root germination in the root, stem, leaf of soluble sugar, soluble protein, endogenous hormone and related enzyme activity were measured. The results showed that: The main concentration of soluble sugar and soluble protein was in the stem and leaves, and the highest content of soluble sugar was found in the stem of the five-year perennial sugarcane GR2; the largest decline of ABA content is GR2, which was the most related to ratooning ability, GA3 was negatively correlated with the ratooning ability, which was contrary to the trend of ABA and IAA; The plant catalase (CAT) and phenylalanine ammonia-lyase (PAL) were positively correlated with the ratooning ability, while the plant sucrose synthase (SS) was negatively correlated with the ratooning ability. The content of CAT was the highest in GR2 of five-year ratooning; the weight coefficient of ABA, IAA, GA3, CAT, PAL, Protease, SOD, SS is 0.186, 0.136, 0.107, 0.074, 0.115, 0.165, 0.056, 0.159 by the Pole ordering method. Among them, the weight coefficients of ABA, Protease and SS contents were larger, indicating that these three indexes had a greater impact on the ratooning ability of sugarcane; the ratooning ability of all the lines at germination was ranked as GF1>GT1>RT1>RF1, GR2 is worth popularizing because of strong ratooning ability.

**Key words:** Sugarcane, Endogenous hormone, Enzyme activity, Pole ordering method

甘蔗新植是生产过程中成本投入最高的环节, 甘蔗制糖成本降低的关键是要降低原料蔗的生产成本<sup>[1]</sup>, 科技种蔗主要选育甘蔗生产量和含糖量高的甘蔗种植品种进行栽培应用。而甘蔗品种宿根性的好坏, 直接影响到甘蔗生产成本和蔗农种蔗的收益<sup>[2]</sup>, 宿根性强的品种可有效延长宿根年限, 不仅节省种茎和翻种劳动力等生产成本, 增加蔗农收入<sup>[3]</sup>, 还促进甘蔗早生快发且生长周期长有利于提早熟期、增产增糖<sup>[4,5]</sup>。

甘蔗宿根性是维持甘蔗品种常年稳定高产的重要关键因子, 迄今对甘蔗宿根性的分析主要依赖于田间性状的表现<sup>[6]</sup>, 而田间表现的观察及数据收集时间长, 使用土地面积大, 工作量大<sup>[7]</sup>, 因此, 通过生理指标找到影响品种宿根性的关键性状, 作为早期宿根品种筛选的评价指标, 对遗传育种具有较大的指导作用。

甘蔗宿根性影响因子可分为内因和外因，内因主要包括蔗芽的质量、蔗芽的萌发快慢及成茎率等，由甘蔗的种性所决定，同时也可以说由遗传决定；外因包括温度、湿度、营养和病虫害等<sup>[4]</sup>，因此，在尽力提供有利外因的情况下，品种的种性将是决定甘蔗宿根性的关键因子，与甘蔗宿根性密切相关<sup>[8]</sup>。宿根蔗季的有效茎数、发芽株率、分蘖率、有效茎数、活性根构成和高生物量等常用于评价甘蔗品种宿根性强弱的指标<sup>[9]</sup>，国内从生理特性探究甘蔗宿根性的主要是覃伟等人，他们的研究表明：宿根蔗莖形态特征与甘蔗宿根性存在密切关系<sup>[10]</sup>；强宿根蔗较弱宿根蔗新植蔗芽萌发快，萌发数多，分蘖率高，有效茎数多；强宿根宿根发株数多，形成的有效数多于新植蔗，产量较新植蔗高<sup>[11]</sup>；在宿根萌发期，甘蔗宿根性越强，ABA含量越高，IAA/ABA和GA3/ABA比值越小，进行甘蔗宿根性评价应着重参考ABA含量<sup>[7]</sup>。

本研究在前人基础上对宿根萌发期可溶性糖、可溶性蛋白、内源激素含量及相关酶活进行了更深入的研究，结合我们田间试验的产量和糖分数据，对影响宿根性的因素进行综合性评价，从本质上努力探究研究与甘蔗宿根性强弱有关的生理特性及其规律，为强宿根甘蔗品种的培育和早期筛选评价提供依据，对今后强宿根甘蔗新品种的选育将具有深远意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料选用广西亚热带作物研究所自主选育的强宿根甘蔗品种桂热2号，以新台糖22号(CK)作为对照，种植在广西上思县国有农垦昌菱农场甘蔗基地(22°07'N,107°50'E)的2年宿根和5年宿根蔗，分别命名为GT(桂热2号两年宿根蔗)，RT(ROC22两年宿根蔗)，GF(桂热2号五年宿根蔗)，RF(ROC22五年宿根蔗)，采取甘蔗萌发初期的根、茎、叶为研究材料。

### 1.2 试验设计及田间管理

试验采用随机区组田间设计，5行区，行长7m，行距1.2m，每个品种种植3个小区。新植蔗采用双芽种茎以双行品字形排列种植，下种密度为12.8芽/m。于2013年3月种植，新植蔗和宿根蔗的田间管理均与当地甘蔗高产栽培管理相同。新植蔗成熟后于2014年2月底收获并保留宿根，宿根蔗次年1月收获，田间管理当地甘蔗高产栽培管理相同。

### 1.3 取样与测定

在宿根蔗萌发出芽，有两片叶子时开始取样，挖取蔗莖，摘取嫩根、基部蔗茎、叶进行内源激素、酶活、可溶性糖和可溶性蛋白的测定，每个样品取2g，每个样品3个重复，取样时先用清水洗干净根部，再用锡箔纸包好，写上标签，装在预先打孔的试管里，迅速放入液氮冷却备用。

样品采集后分别进行植物内源激素脱落酸(ABA)、生长素(IAA)、赤霉素(GA3)含量的测定，同时测定相关植物过氧化氢酶(CAT)、植物超氧化物歧化酶(SOD)、植物蛋白酶(protease)、植物苯丙氨酸解氨酶(PAL)、植物蔗糖合成酶(SS)酶活。测定采用ELISA试剂盒进行酶联免疫吸附分析法，采用双抗体夹心法测定标本中植物激素和酶活的水平，用酶标仪在450nm波长下测定吸光度(OD值)，通过标准曲线计算样品中植物激素和酶活的浓度。

采用蒽酮法测定可溶性糖含量，考马斯亮蓝比色法测定可溶性蛋白含量，每个样品重复测定3次。

### 1.4 数据处理

采用Microsoft Excel 2013和Origin 8.0软件进行数据处理和作图，使用IBM SPSS 22.0软件进行方差分析，并采用改进的极点排序法<sup>[12-15]</sup>对各甘蔗品种进行宿根性强弱的评价。

将参与评价指标相对数据划分为5级。对每一品种(系)所测指标相对值进行分级，使每一指标都得到相应级别值。公式为：

$$D=(H_{\max}-H_{\min})/5 \quad (1)$$

$$E=[(H-H_{\min})/D]+1 \quad (2)$$

式中， $H_{\max}$ 为各指标相对数据最大值； $H_{\min}$ 为各指标相对数据最小值； $H$ 为各指标相对数据任意值； $D$ 为得分级差(每得1分之差)； $E$ 为各材料每个指标的级别值。通过计算可以得到鉴评矩阵。

权重系数为每一指标在综合评价中的权重，计算公式为：

任意指标权重系数  $B = \text{任意指标变异系数} / \text{各指标变异系数之和}$  (3)

综合评价其计算公式为:  $V_i = \sum E_{ij} \times B_j$  ( $i=1, 2 \dots 8; j=1, 2 \dots 4$ ) , (4)

式中,  $V_i$  为每一份材料综合评价值;  $E_{ij}$  为各相对数据的级别值;  $B_j$  为对应指标权重系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同宿根年限甘蔗的农艺和产量性状

经过几年的跟踪调查, 我们得到了种植在昌菱农场的两年和五年宿根蔗的农艺和产量性状, 从表 1 得出, 桂热 2 号 (GR2) 和新台糖 22 号 (ROC22) 的两年宿根蔗和五年宿根蔗在株高、茎径、单茎重、田间锤度和甘蔗蔗糖分没有显著和极显著差异, 小区有效茎中 GR2 号五年宿根蔗比 CK 具有明显优势, 亩有效茎中 GR2 号两年蔗比 CK 高 16.1%, 五年宿根蔗高出 31.1%; 而在亩产量方面, GR2 号两年和五年宿根蔗均达到 8 吨, 与对照新台糖 22 号存在显著和极显著差异, 比 CK 分别增产 45.3% 和 38.4%。GR2 号宿根产量没有由于种植年限久而发生减产, 说明此品种宿根性强, 在生产上有优势, 是值得广泛推广的品种。GR2 号蔗糖分含量略低于 CK, 但亩含糖量比 CK 高出 36% 左右, 说明桂热 2 号的整体优势明显, 增产增糖效果好。

表 1 两年和五年宿根蔗的农艺和产量性状

Table 1 Agronomic and yield traits of sugarcane ratoon for two and five years

宿根年限	品种	株高	茎径	单茎重	小区有效茎	亩有效茎	小区产量	亩产量	田间锤度	蔗糖分	亩含糖量
Age of ratoon	(Varieties)	Plant height /cm	Stem diameter /cm	Productive stalk/kg	Available cane /tiao	effective stem/tiao	grain yield per plot /kg	acre yield/kg	Hammer degrees (%)	Sugar (%)	Sugar content/kg g
两年 two	GR2	345aA	2.64aA	1.72aA	312cC	5787aA	435.6cC	8068aA	19.83aA	13.77aA	1107aA
	ROC22	330aA	2.59aA	1.59aA	269cC	4984bAB	299.8dD	5552bB	20.63aA	14.63aA	814bB
五年 five	GR2	341aA	280aA	1.92aA	564aA	5656aA	814.1aA	8155aA	19.87aA	13.8aA	1125aA
	ROC22	321aA	2.8aA	1.8aA	430bB	4313cB	588.2bB	5892bB	20.1aA	14.06aA	825bB

不同小写字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ ), 不同大写字母代表极显著差异 ( $p < 0.01$ ), 下同

Different lowercase letters indicate significant difference ( $P < 0.05$ ), and different capital letters indicate significant difference ( $P < 0.01$ ). The same below

### 2.2 不同宿根年限甘蔗的可溶性糖和可溶性蛋白含量的比较

从图 1 可以看出, 可溶性糖含量主要集中在蔗茎和蔗叶, 在根部的积累比较少, 其中 GR2 号五年宿根蔗的茎部可溶性糖含量最高, 达到 21.85mg/g, 比同年宿根 ROC22 (CK) 的茎部可溶性糖含量高 43.0%, 两年宿根蔗 GR2 号也比 CK 高, 可溶性糖在根部和叶片的积累水平均衡, 差别不大; 可溶性蛋白主要集中在叶片, 茎中的含量也高, GR2 号和 ROC22 号两年宿根和五年宿根叶片中可溶性蛋白含量相当, 两年宿根蔗茎部可溶性蛋白含量多于五年宿根蔗。随着宿根年限增加, 可溶性糖含量成增长趋势, 可溶性蛋白在茎中的积累成下降趋势。

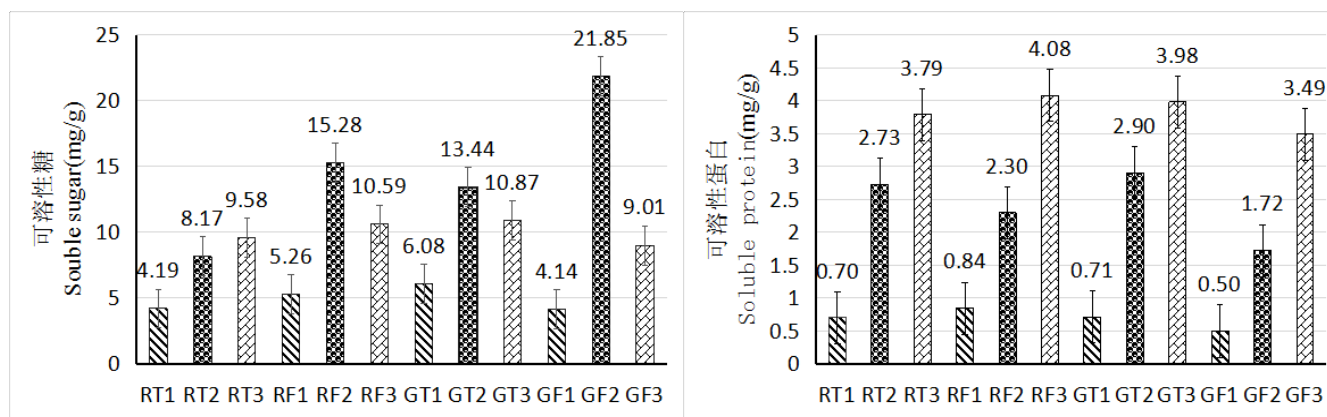


图 1 可溶性糖及可溶性蛋白含量

Fig.1 Soluble sugar and protein content

RT1, RT2, RT3 分别表示新台糖 22 号两年宿根蔗的根、茎、叶; GT1, GT2, GT3 分别表示桂热 2 号两年宿根蔗的根、茎、叶; RF1, RF2, RF3 分别表示新台糖 22 号五年宿根蔗的根、茎、叶; GF1, GF2, GF3 分别表示桂热 2 号五年宿根蔗的根、茎、叶。下同

RT1, RT2, RT3 respectively sugarcane root, stem and leaf of ROC22 for two years' ratoon ;GT1, GT2, GT3 respectively sugarcane root, stem and leaf of GuiRe 2 for two years' ratoon ; RF1, RF2, RF3 respectively sugarcane root, stem and leaf of ROC22 for five years' ratoon;GF1, GF2, GF3 respectively sugarcane root, stem and leaf of GuiRe 2 for five years' ratoon. The same below

### 2.3 不同宿根年限甘蔗内源激素含量的比较

图 2 表明, 两年宿根蔗桂热 2 号根、茎、叶中 ABA 和 IAA 的含量最高, 其中 GT1 中 ABA 含量为 352.86 $\mu$ g/L, IAA 含量为 430.54 $\mu$ g/L (见表 2), 呈极显著性差异。桂热 2 号根中 ABA 含量五年宿根比两年宿根中含量降低了 67.91%, IAA 含量五年宿根比两年宿根含量降低了 25.72%; 而在 ROC22 根中 ABA 含量在五年宿根比两年宿根中含量增加了 35.31%, IAA 含量五年宿根比两年宿根含量增加了 15.31%。在桂热 2 号中 ABA 和 IAA 的含量都是随着种植年限的增加而减少, 而在 ROC22 中, ABA 和 IAA 的含量都是随着种植年限的增加而增加, 其中变化最明显得是桂热 2 号中 ABA 的含量, 说明它与宿根性强弱关系最紧密。

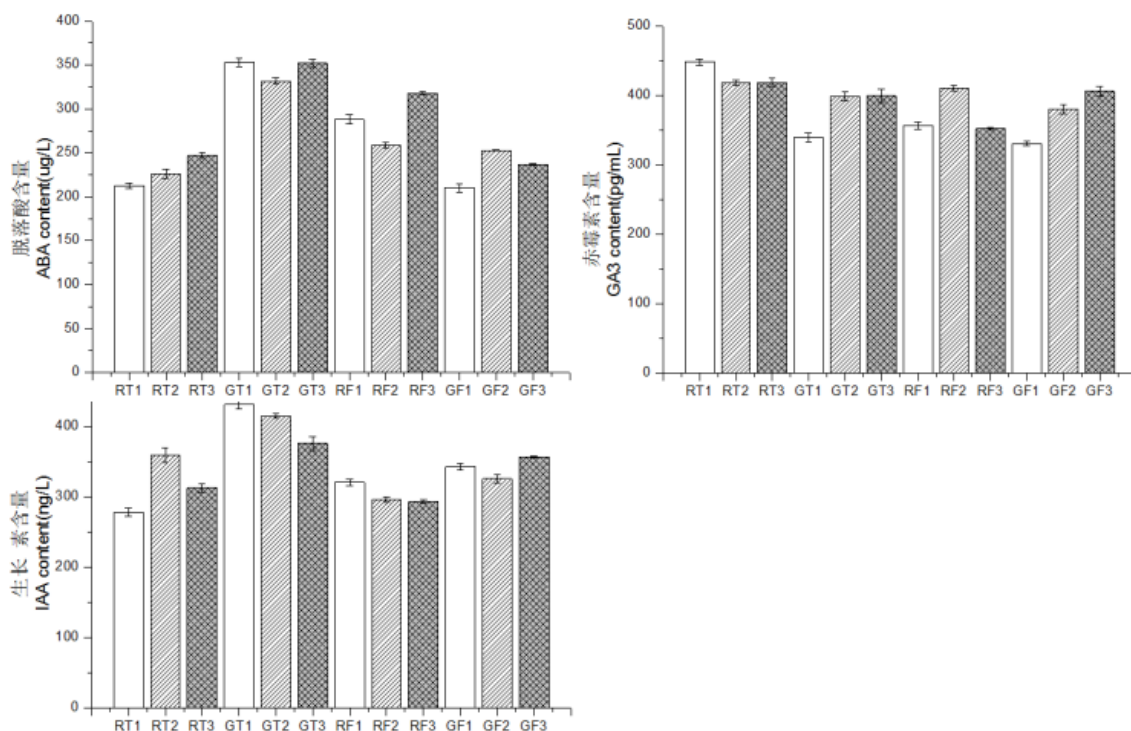


图2 萌发期根、茎、叶内源激素含量的比较

Fig.2 Endogenous hormone content of root, stem and leaf at sprouting stage.

根、茎、叶中 GA3 的峰值出现在 ROC22 号的两年宿根蔗中，其中 RT1 中 GA3 达到 448.01pg/ml（见表 2），比 ROC22 号五年宿根蔗高出了 25.71%，说明 GA3 与宿根性的强弱成负相关，与 ABA 和 IAA 的变化趋势相反；而在桂热 2 号中，五年宿根和两年宿根 GA3 的含量几乎不变，推测与桂热 2 号宿根性强有密切关系。两年宿根和五年宿根的 ABA、IAA 和 GA3，GR2 号和 CK 差异水平达到显著和极显著。以上数据说明宿根性的强弱不是单纯与某种激素相关，而是几种激素共同作用的结果。

表 2 根部内源激素方差分析

Table 2 The variance analysis of endogenous hormones for roots

编号 Number	脱落酸 ABA (ug/L)	生长素 IAA (ng/L)	赤霉素 GA3 (pg/mL)
RT1	212.73±1.89cC	277.89±3.62dD	448.01±2.67aA
GT1	352.86±2.50aA	430.54±3.62aA	338.88±4.01cC
RF1	287.86±3.00bB	320.42±2.49cC	356.38±2.84bB
GF1	210.14±2.75cC	342.44±2.37bB	330.33±1.77cC

#### 2.4 不同宿根年限甘蔗酶活含量的比较

图 3 表明，植物过氧化氢酶（CAT）在桂热 2 号五年宿根的根和茎中含量最高，根中含量为 9.31U/ml（见表 3），桂热 2 号五年宿根与其他品种间存在显著性差异和极显著性差异、CAT 与宿根性强弱成正相关；植物苯丙氨酸解氨酶(PAL)在桂热 2 号和 ROC22 号的两年宿根蔗含量多少不明显，但在五年宿根蔗中，ROC22 中 PAL 含量明显低于桂热 2 号，比 ROC22 高出 43.2%，两者间存在显著和极显著差异，PAL 与宿根性成正相关；植物蛋白酶(protease)在桂热 2 号五年宿根蔗中含量最高，ROC22 号随着种植年限的增加，植物蛋白酶减少，二桂热 2 号随着种植年限的增加，植物蛋白酶反而增加，这也是桂热 2 号宿根 5 年不减产的原因之一；植物超氧化物歧化酶(SOD)在各年限品种中增减不明显，5 年宿根蔗中稍微有所增加，四者



间没有极显著差异；植物蔗糖合成酶(SS)酶活在桂热 2 号两年宿根蔗中最高，达到 18.17U/ml（见表 3），在五年宿根蔗中略有降低，ROC22 中 SS 酶活两年和五年宿根蔗差异不大，植物蔗糖合成酶与宿根性成负相关。

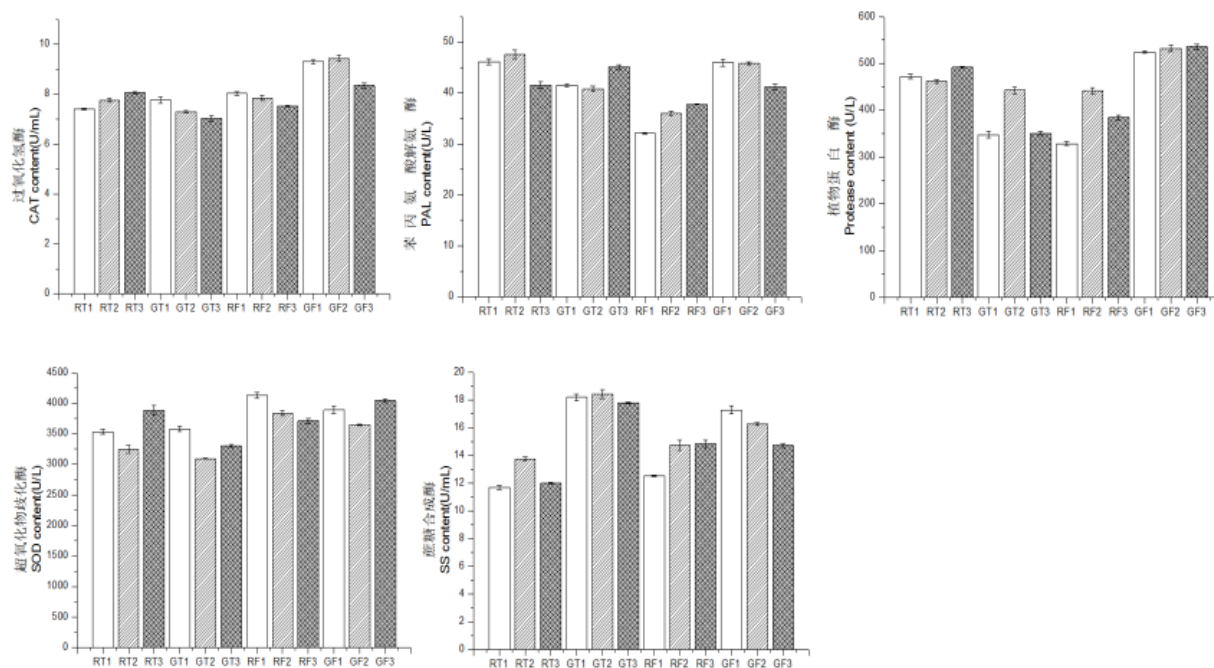


图 3 萌发期根、茎、叶酶活含量的比较

Fig.3 the content of enzyme activities of root, stem and leaf at sprouting stage.

表 3 根部酶活含量的方差分析

Table 3 The variance analysis of enzyme activity for roots

编号 Number	过氧化氢酶 CAT (U/mL)	苯丙氨酸解氨酶 PAL (U/L)	植物蛋白酶 Protease (U/L)	超氧化物歧化酶 SOD (U/L)	蔗糖合成酶 SS (U/mL)
RT1	7.40±0.03dD	46.13±0.57aA	471.75±5.57bB	3730.93±377.4bA	11.68±0.15dD
GT1	7.77±0.12cC	41.48±0.24bB	347.69±7.61cC	3573.41±41.5bA	18.17±0.22aA
RF1	8.03±0.08bB	32.07±0.18cC	328.50±4.08dD	4128.14±41.5aA	12.53±0.04cC
GF1	9.31±0.07aA	45.93±0.66aA	524.42±2.04aA	3888.44±57.1abA	17.25±0.29bB

## 2.5 甘蔗宿根性强弱的综合评价

甘蔗宿根性是一种复杂的遗传特性，受多种环境因素的影响，为更全面评估各品系的宿根性，采用改进的极点排序法进行评分，结果如表 4 和表 5 所示，ABA,IAA,GA3,CAT,

PAL,Protease, SOD,SS 的权重系数为 0.186, 0.136, 0.107, 0.074, 0.115, 0.165, 0.056, 0.159.各品系各指标的对应得分如表 4 所示，该得分与各指标权重系数的乘积详见表 5。综合得分越高，说明该品系的宿根性越好。由表 5 综合评价排名可看出，宿根萌发期各品系宿根性强弱排序为：GF1>GT1>RT1>RF1,说明桂热 2 号的宿根性强于 ROC22，这与前期的大田试验数据相吻合，进一步验证了甘蔗桂热 2 号是强宿根性品种。

表 4 宿根萌发期 2 个品种在不同测定指标中根的得分 (鉴评矩阵)

Table 4 Root scores of two varieties in different measurement indexes during perennial root germination (evaluation matrix)

编号 Number	脱落酸 ABA	生长素 IAA	赤霉素 GA3	过氧化氢酶 CAT	苯丙氨酸解氨酶 PAL	植物蛋白酶 Protease	超氧化物歧化酶 SOD	蔗糖合成酶 SS
RT1	5.28	5.50	1.71	4.33	2.11	2.25	1.38	3.17
GT1	3.50	5.50	4.64	2.67	6.00	2.36	4.12	1.93
RF1	3.50	1.71	2.87	1.67	4.33	4.33	4.12	3.22
GF1	5.50	4.58	3.00	2.07	2.79	4.33	2.82	4.84

表 5 宿根萌发期宿根性综合评价结果

Table 5 Comprehensive evaluation of perennial roots in germination stage

编号 Number	脱落酸 ABA	生长素 IAA	赤霉素 GA3	过氧化 氢酶 CAT	苯丙氨酸 解氨酶 PAL	植物蛋白 酶 Protease	超氧化物歧 化酶 SOD	蔗糖合 成酶 SS	综合评价 值 Comprehensive evaluation score	排名 Rank
RT1	0.984	0.750	0.183	0.321	0.244	0.372	0.078	0.505	3.437	3
GT1	0.652	0.750	0.496	0.198	0.692	0.390	0.233	0.308	3.719	2
RF1	0.652	0.234	0.307	0.124	0.500	0.715	0.233	0.513	3.278	4
GF1	1.024	0.624	0.320	0.154	0.322	0.715	0.159	0.771	4.089	1

### 3 讨论

强宿根甘蔗品种的选育在生产中占有极其重要的地位, 为主要蔗糖生产国家所重视<sup>[16-18]</sup>。甘蔗宿根性是指新植或上年甘蔗收斩后, 宿根发株的快慢强弱、数量、最终成茎率、有效茎数和产蔗量高低的统称<sup>[19]</sup>。甘蔗宿根性的强弱与宿根蔗的产量有着直接的联系, 一般宿根多年甘蔗产量不衰的种质表明其宿根性强, 反之则弱<sup>[20]</sup>。韦开军等人<sup>[3]</sup>通过一新两宿品种比试验, 综合分析各参试品种相关农艺及产量性状, 评价各品种宿根性的优劣, 马丽等人<sup>[6]</sup>对五年宿根蔗 64 份种质材料的产量、糖分进行评价, 从而筛选出宿根性强、高产、高糖种质 11 个, 宿根性强、高产种质 11 个。苏俊波等人<sup>[21]</sup>探讨机械化收获后甘蔗的宿根性能, 从农艺性状(株高、茎径、单茎重)和产量性状(有效茎、产量、产糖亮)筛选适宜机械化收获的品种。本研究中 GR2 号五年宿根蔗的可溶性糖含量最高, 这是此品种强宿根指标之一, 可溶性蛋白随着宿根年限的增加, 蛋白含量减少, 说明植物细胞内蛋白质损伤。

甘蔗宿根性与宿根蔗芽的萌发密切相关, 这一过程受甘蔗体内多种激素的共同作用与调节<sup>[7]</sup>。宋奇琦等人<sup>[22]</sup>发现, 甘蔗与黑穗病菌长期互作过程中几丁质酶、 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性及 IAA 和 CTK 含量总体上呈下降趋势, 而 CAT 活性呈上升趋势; 王川等<sup>[23]</sup>研究了小麦可溶性糖、SOD 和 POD 与抗旱的关系, 表明可溶性糖和保护性酶与抗旱指数存在极显著正相关。杨贵先<sup>[24]</sup>研究了南瓜花发育过程的内源激素和酶活的变化, 表明 IAA, GA3, ABA 的升降规律, 在雌雄花中, 高 SOD、POD、CAT 活性有助于雄花发育。周慧文等人<sup>[25]</sup>研究了不同施氮水平下甘蔗内源激素、产量和糖分的变化特征, 表明了不同施肥水平下 GA、CTK、BR、ABA 的含量。何静丹<sup>[26]</sup>研究了低温胁迫及温度回升对甘蔗生理生化指标的影响, 测定了苗期、宿根苗期、伸长期和工艺成熟期甘蔗叶片的丙二醛(MDA)含量、过氧化物酶活性(POD)、脯氨酸(Pro)和可溶性蛋白含量(SP)等生理指标。而本研究中桂热蔗 2 号中 ABA 和 IAA 的含量都是随着宿根年限的增加而减少, GA3 与宿根性的强弱成负相关; 植物过氧化氢酶(CAT)、植物苯丙氨酸解氨酶(PAL)与宿根性强弱成正相关, 植物蔗糖合成酶(SS)与宿根性强弱成负相关。植物蛋白酶(protease)在桂热 2 号五年宿根蔗中含量最高。

目前报道的文献中,对宿根性的强弱一般是根据田间测产数据来判断,从生理生化角度进行评价和判定的较少,本研究利用改进的极点排序法,对宿根性相关的多个生理指标进行权重分配,通过矩阵复合运算,获得不同宿根年限品种间宿根性综合评价结果,此法已在甘蔗的抗寒性<sup>[12]</sup>、抗旱性<sup>[27]</sup>评价上应用。本研究首次在甘蔗的宿根性鉴定中,采用极点排序法得出各品种(系)宿根性强弱的综合鉴定结果,得出 ABA 与宿根性强弱最相关,此结论与覃伟等人<sup>[7]</sup>的研究结果一致,另外植物蔗糖合成酶(SS)与宿根性强弱成负相关。植物蛋白酶(protease)在桂热 2 号五年宿根蔗中含量最高,说明植物蛋白酶在宿根性评价中是一个非常关键的因子。此方法对甘蔗的宿根性提供客观、可靠的评价。另外,本研究结合大田表现的宿根农艺性状,进一步说明了甘蔗桂热 2 号强宿根性的特征。

## 4 结论

桂热 2 号五年宿根蔗的植物蛋白酶(protease)含量最高,ABA 的含量降幅最大,说明两者与宿根性强弱最相关。极点排序法计算得到 ABA、protease 和 SS 含量的权重系数较大,得到宿根性强弱排序为:GF1>GT1>RT1>RF1,说明桂热蔗 2 号的宿根性强于 ROC22。

甘蔗品种的潜在宿根能力是保证宿根蔗产量的首要因素,评价一个品种宿根的强弱除了种植多年实测产量和糖分外,我们可以通过早期的可溶性糖、脱落酸 ABA 含量、蛋白酶 Protease 及蔗糖合成酶 SS 等因素进行先行判断,为宿根能力的筛选提供理论参考。本文通过对内源激素和酶活的综合评价得出 2 个品种宿根能力强弱排序,进一步证实了 GR2 号的强宿根性,与大田测产数据相吻合,桂热 2 号是一个值得广泛推广的高产、高糖、宿根性强的优良新品种。

## 参考文献

- [1]侯佳.广西蔗糖产业发展现状与分析.新经济,2014,2:18-20.
- [2]马丽,应雄美,刘新龙,等.17 份国内甘蔗种质三年宿根性的产质量评价.中国糖料,2010,3:33-34.
- [3]韦开军,邓思,阳康春,等.6 个甘蔗优良新品种(系)宿根性状结果分析.中国种业,2018,11:68-70.
- [4]丁雪儿,林萍萍,余凡,等.甘蔗宿根性研究进展.中国糖料,2020,2(42):12-18.
- [5]邓祖湖,林彦铨.不同选择方法对甘蔗宿根性的选择效果分析.福建农业科技,2000(增刊):60-61.
- [6]马丽,蔡青,应雄美,等.五年宿根蔗种质材料的产量、糖分评价.中国糖料,2008(02):33-34.
- [7]覃伟,吴才文,姚丽,等.甘蔗宿根萌发期内源激素变化与其宿根性的关系.西北植物学报,2014,34(1):0143-0149.
- [8]杨荣仲.甘蔗宿根性与抗寒性初探.甘蔗糖业,1996(06):13-17.
- [9]Milligan S, Martin F, Gravois K. Inheritance of Sugarcane Ratoon Ability and the Relationship of Younger Crop Traits to Older Crop Traits. Crop Science, 1996, 36(1): 45-50.
- [10]覃伟,吴才文,赵俊,等.甘蔗宿根性研究 I.甘蔗宿根蔗形态特征与其宿根性的关系.西南农业学报,2017,5(30):989-993.
- [11]覃伟,吴才文,赵俊,等.甘蔗宿根性研究 II.甘蔗种性宿根影响因子与其宿根性的关系.中国糖料,2017,39(1):1-3.
- [12]唐仕云,杨丽涛,李杨瑞.不同甘蔗基因型对低温胁迫的响应及其耐寒性评价.热带作物学报,2012,33(04):635-641.
- [13]潘晓雪,胡明瑜,王忠伟,等.不同水稻种质资源重要农艺性状与发芽期耐寒性鉴定研究.作物杂志,2021(01):47-53.
- [14]戴海芳,武辉,阿曼古丽·买买提阿力,等.不同基因型棉花苗期耐盐性分析及其鉴定指标筛选.中国农业科学,2014,47(7):1290-1300.
- [15]王丽艳,唐金敏,郑桂萍,等.水稻萌发期和幼苗期耐低温指标体系构建及综合评价.中国农业科技导报,2019,21(10):58-65.
- [16]邓祖湖,林彦铨.不同选择方法对甘蔗宿根性的选择效果分析.福建农业科技,2000(增刊):60-61.
- [17]李杨瑞.现代甘蔗学.北京:中国农业出版社,2010:313.
- [18]覃伟,吴才文,曾千春,等.用新台糖甘蔗品种作母本培育强宿根后代的潜力评价.湖南农业大学学报(自然科学版),2012,38(01):1-7.
- [19]马丽,应雄美,刘新龙,等.34 个国外引进甘蔗种质三年宿根性产质量评价.中国糖料,2010(2):31-32,36.
- [20]方位宽.影响宿根甘蔗萌发的若干因素探讨.广西大学,2003.
- [21]苏俊波,孔冉,罗炼芳,李栋梁.甘蔗机械化收获后的宿根性能分析.甘蔗糖业,2016(06):

22-28.

[22]宋奇琦,Pratiksha Singh,Rajesh Kumar Singh,等.甘蔗应答黑穗病菌侵染相关酶活性和内源激素含量的变化.南方农业学报,2018,49(04):650-655.

[23]王川,谢惠民,王娜,等.小麦品种可溶性糖和保护性酶与抗旱性关系研究.干旱地区农业研究,2011,29(05):94-99.

[24]杨贵先.南瓜花发育过程中内源激素、多胺和酶活的变化研究.东北农业大学,2015.

[25]周慧文,陈荣发,范业赓,等.不同施氮水平下甘蔗内源激素、产量和糖分的变化特征.热带作物学报,2019,40(11):2142-2148.

[26]何静丹.低温胁迫及温度回升对甘蔗生理生化指标的影响.广西大学,2011.

[27]李鸿博,蔡伟俊,谢雨彤,等.甘蔗新品系对干旱胁迫的生理响应及抗旱性评价.华南农业大学学报,2019,40(06):51-58.

## 蛋黄果 SCoT-PCR 反应体系的建立与优化

周彩霞, 李文砚, 卢美瑛, 韦雪英, 韦优, 蒋娟娟, 周婧\*

**摘要** 本研究以蛋黄果 (*Lucuma nervosa* A.DC) 为对象, 首先选取广西南亚热带农业科学研究所选育的“仙桃 1 号”蛋黄果为试材, 以 SCoT1 为引物, 采用  $L_{16}(4^5)$  正交试验, 对影响蛋黄果 SCoT-PCR 反应的 DNA、 $Mg^{2+}$ 、dNTPs、引物以及 Taq 聚合酶等因素进行优化, 最终建立适用于蛋黄果的 SCoT-PCR 反应体系, 即 20 $\mu$ L 的反应体系中: 模板 DNA 80 ng,  $Mg^{2+}$  3 mmol·L<sup>-1</sup>, dNTPs 0.25 mmol·L<sup>-1</sup>, Primer 0.6  $\mu$ mol·L<sup>-1</sup>, Taq 2 U; 而后应用优化的反应体系, 对 50 个 SCoT 引物和 3 份地理位置相差较远的蛋黄果种质进行扩增。结果表明, 不同的蛋黄果种质和不同的引物, 在优化的蛋黄果 SCoT-PCR 反应体系中扩增后, 可获得清晰明亮、数目丰富且稳定性高的条带。说明优化的蛋黄果 SCoT-PCR 反应体系适用于蛋黄果 SCoT 分子标记, 这将为利用 SCoT 分子标记对蛋黄果进行遗传多样性评价和亲缘关系分析、种质资源鉴定、指纹图谱构建、分子辅助育种以及功能基因挖掘等研究奠定基础。

**关键词** 蛋黄果; SCoT 分子标记; 正交试验

# 国家第 14 轮甘蔗品种区试湛江站评价

田夏红, 刘建荣, 郑乾坤, 赵丽宏, 庞生  
(广东省湛江农垦科学研究所, 广东湛江 524086)

**摘要** 2019~2020 年度, 在国家糖料产业技术体系的组织下, 湛江综合试验站开展了国家第 14 轮甘蔗品种区试试验。通过对 13 个甘蔗新品种 1 新 1 宿的田间试验调查和评价, 结果表明: 不同参试品种在湛江地区表现有明显差异。其中, 粤甘 53 号和桂糖 13-386 萌芽好, 分蘖强, 宿根性好, 高产高糖, 病虫害少, 不倒伏, 表现最佳。粤甘 53 号属早熟高糖品种, 桂糖 13-386 属中晚熟高糖品种, 均适宜在当地种植推广。

**关键词** 甘蔗; 品种区试; 评价; 农艺性状; 蔗茎产量; 含糖量; 高产高糖; 抗病抗逆

## Comprehensive Evaluation on the 14<sup>th</sup> National Sugarcane Varieties Regional Trial in Zhanjiang

TIAN Xiaohong, LIU Jianrong, ZHENG Qiankun, ZHAO Lihong, PANG Sheng  
(Scientific Research Institute of Zhanjiang State Farms, Zhanjiang, Guangdong 524086)

**Abstract** In 2019~2020, under the Organization of the National Technology System of Sugar Industry, the 14<sup>th</sup> national regional trials of sugarcane varieties were conducted in the Comprehensive Test Station of Zhanjiang. Based on the investigation and evaluation of 13 sugarcane varieties for one year new-planted and one year perennial root, the results showed that there were significant differences among the tested varieties in Zhanjiang. Yuegan 53 and Guitang 13-386 had the best performances, such as good germination, strong tillering, good permanent root, high yield and high sugar content, few diseases and pests, no lodging. Yuegan 53 belongs to early-maturing and high-sugar variety, and Guitang 13-386 belongs to middle-late-maturing and high-sugar variety. They are all suitable for local cultivation and promotion.

**Keywords** Sugarcane; Regional test of variety; Evaluation; Agronomic traits; Sugarcane yield; Sugar content; High yield and high sugar content; Resistance to disease and adversity

甘蔗作为世界上主要的糖料作物, 其糖产量占全球糖供应总量的 85%以上<sup>[1]</sup>, 主要分布在巴西、印度、泰国、中国、澳大利亚等地<sup>[2]</sup>。中国作为世界第二大食糖消费国, 主要分布在桂中南、滇西南、粤西琼北三大甘蔗优势生产区域, 甘蔗产业的发展关系到我国食糖安全问题<sup>[2]</sup>。优良新品种的选育及示范推广是甘蔗产业可持续发展的重要支撑<sup>[3]</sup>, 而甘蔗品种区试是鉴定新品种丰产性、抗病性和适应性的重要环节, 是品种推广、良种区域化布局的重要依据。我国糖料产业技术体系组织全国主要蔗区试验站联合开展甘蔗新品种(品系)区域试验<sup>[4-13]</sup>。

2019~2020 年, 在国家糖料产业技术体系的组织下, 湛江综合试验站开展了国家第 14 轮甘蔗品种区域试验, 通过对来自广西、云南、福建、广东、海南各育种单位提供的 13 个甘蔗新品种 1 新 1 宿的田间试验调查, 初步对参试品种在湛江点的生产适应性作出评价, 为参试品种下一步的推广应用提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 参试品种及对照

参试品种共 13 个: 粤甘 51 号、粤甘 52 号、粤甘 53 号、桂糖 13-386、云蔗 11-1074、云瑞 12-263、福农 10-0574、福农 10-14405、柳城 09-19、中蔗 6 号、中蔗 13 号、中糖 13-01 和海蔗 28 号。

对照品种(CK): ROC22。

### 1.2 试验地概况

试验地位于广东省湛江市遂溪县城月镇造林队, 纬度 21.25°N, 经度 110.11°E, 海拔高度 20 m, 属于热带和亚热带季风气候, 年平均气温 23°C, 年平均降雨量 1417~1802 mm。土壤类型: 砖红壤。试验地地势平坦, 排灌方便, 前作甘蔗。耕地和整地方式为 2 犁 2 耙 1 旋耕, 机械开沟, 人工种植。

### 1.3 试验设计方法

采用随机区组排列, 每小区 10 行, 行长 5 m, 行距 1.1 m, 每小区占地约 55 m<sup>2</sup>, 3 次重复, 小区间留 1 m 工作行, 试验地四周设保护行。按当地常规种植模式, 每公顷 52500 个双芽段。各小区采用统一田间管理。新植播种时间为 2019 年 4 月 9 日, 2020 年 3 月 6 日新植蔗砍收, 2021 年 3 月 3 日宿根蔗砍收。

### 1.4 调查测定项目

4-5 月调查出苗率、分蘖率、宿根发株率、枯心率; 6-9 月调查初始株高、黑穗病、梢腐病、赤腐病; 12 月调查最终株高、茎径、单茎重、有效茎数; 11~2 月检测糖分变化, 观察孕穗开花情况; 9 月之后大风大雨后调查倒伏情况; 3 月砍收时测实际产量; 含糖量=蔗产量×蔗糖分。

### 1.5 数据处理

采用 Excel 工作表对试验数据进行整理计算和制表。采用 DPS 7.05 软件 Duncan 新复极差法进行多重比较和差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 前期性状

前期调查性状详见表 1。

表 1 前期性状调查结果

序号	品种	出苗率(%)	分蘖率(%)	宿根 发株率 (%)	初始株高 (cm)
1	粤甘 51 号	64.1	74.4	103.4	128.2
2	粤甘 52 号	70.8	79.1	140.9	125.5
3	粤甘 53 号	65.4	143.6	191.3	121.8
4	桂糖 13-386	59.0	120.9	123.1	116.0
5	云蔗 11-1074	69.5	72.7	118.8	125.6
6	云瑞 12-263	48.9	116.6	96.5	121.6
7	福农 10-0574	56.2	104.3	104.5	126.9
8	福农 10-14405	63.5	84.0	125.5	125.3
9	柳城 09-19	63.2	87.9	96.5	122.8
10	中蔗 6 号	60.0	53.2	70.6	127.0
11	中蔗 13 号	66.3	46.6	108.8	122.6
12	中糖 13-01	64.8	70.2	150.7	148.8
13	海蔗 28 号	59.0	229.0	117.8	128.3
14	ROC22 (CK)	56.5	110.1	137.8	145.8

#### 2.1.1 出苗率

13 个品种の出苗率在 48.9%~70.8%之间, 出苗率最高的是粤甘 52 号, 最低的是云瑞 12-263。13 个品种中, 只有云瑞 12-263 和福农 10-0574 这 2 个品种出苗率低于 CK (56.5%), 其余均高于 CK。

#### 2.1.2 分蘖率

13 个品种的新植分蘖率在 46.6%~229%之间, 分蘖率最高的是海蔗 28, 分蘖率最低的是中蔗 13 号。13 个品种中, 有 4 个品种分蘖率高于 CK (110.1%), 分别是云瑞 12-263、桂糖 13-386、粤甘 53 号和海蔗 28 号, 分蘖率分别为 229%、143.6%、120.9%和 116.6%, 其余 9 个品种均低于 CK。

#### 2.1.3 宿根发株率

13 个品种的宿根发株率在 70.6%~191.3%之间, 发株率最高的是粤甘 53 号, 最低的是中蔗 6 号。13

个品种中, 只有粤甘 52 号、中糖 13-01 和粤甘 53 号发株率高于 CK(138.7%), 其余均低于 CK。

#### 2.1.4 初始株高

13 个品种的新宿平均初始株高在 116~148.8 cm 之间, 初始株高最高的是中糖 13-01, 最低的是桂糖 13-386。13 个品种中, 只有中糖 13-01 的初始株高高于 CK(145.8 cm), 其余均低于 CK。

## 2.2 主要产量性状

主要产量性状参见表 2。

表 2 产量性状调查结果

序号	品种	株高 (cm)	茎径 (cm)	有效茎数 (条/hm <sup>2</sup> )	单茎重 (kg)	实际蔗产量(t/hm <sup>2</sup> )			
						新植	宿根	平均	比 CK±(%)
1	粤甘 51 号	308.0	2.91	68193	1.59	104.01	98.60	101.30±7.43d	-8.06
2	粤甘 52 号	310.7	2.71	77979	1.46	103.16	126.85	115.00±10.57abc	4.37
3	粤甘 53 号	325.1	2.62	74674	1.50	128.31	114.57	121.44±4.18a	10.21
4	桂糖 13-386	300.9	2.72	75145	1.60	101.10	135.40	118.25±8.55ab	7.32
5	云蔗 11-1074	304.5	2.87	51580	1.74	95.58	74.35	84.97±2.25e	-22.89
6	云瑞 12-263	301.5	3.17	54053	1.98	111.34	101.19	106.26±4.78bcd	-3.56
7	福农 10-0574	285.2	2.85	80724	1.35	103.28	114.06	108.67±5.65abcd	-1.38
8	福农 10-14405	297.3	2.83	77072	1.48	103.04	120.65	111.84±12.96abcd	1.50
9	柳城 09-19	310.4	2.72	68688	1.63	101.10	106.82	103.96±4.99cd	-5.65
10	中蔗 6 号	311.5	2.92	67512	1.73	124.92	111.85	118.38±2.67ab	7.44
11	中蔗 13 号	296.8	2.94	71729	1.50	121.40	96.72	109.06±7.65abcd	-1.02
12	中糖 13-01	351.1	2.59	68232	1.70	108.79	119.66	114.23±2.36abcd	3.67
13	海蔗 28 号	297.6	2.80	71086	1.52	107.22	99.75	103.49±8.24cd	-6.08
14	ROC22 (CK)	324.0	2.76	68729	1.68	106.55	113.82	110.18±4.66abcd	-

注: 表中株高、茎径、有效茎数、单茎重均为 1 新 1 宿平均值。实际蔗产量数据为平均数±标准差, 同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

#### 2.2.1 株高

13 个品种的平均株高在 285.2~351.1 cm 之间, 最高的是中糖 13-01, 最低的是福农 10-0574。13 个品种中, 只有中糖 13-01 和粤甘 53 号的株高大于 CK (324 cm), 其余均小于 CK。

#### 2.2.2 茎径

13 个品种的平均茎径在 2.59~3.17 cm 之间, 茎径最大的是云瑞 12-263, 最小的是中糖 13-01。13 个品种中, 茎径小于 CK (2.76 cm) 的品种有 5 个, 分别是中糖 13-01、粤甘 53 号、粤甘 52 号、桂糖 13-386 和柳城 09-19, 其余 8 个品种均大于 CK。

#### 2.2.3 有效茎数

13 个品种的平均公顷有效茎数在 51580~80724 条/hm<sup>2</sup> 之间, 有效茎数最多的是福农 10-0574, 最少的是云蔗 11-1074。13 个品种中, 有效茎数多于 CK (68729 条/hm<sup>2</sup>) 的品种有 7 个, 分别是海蔗 28 号、中蔗 13 号、粤甘 53 号、桂糖 13-386、福农 10-14405、粤甘 52 号和福农 10-0574, 其余 6 个品种均少于 CK。

#### 2.2.4 单茎重

13 个品种的平均单茎重在 1.35~1.98 kg 之间, 单茎重最重的是云瑞 12-263, 最轻的是福农 10-0574。13 个品种中, 单茎重大于 CK(1.68 kg) 的品种有 4 个, 分别是中糖 13-01、中蔗 6 号、云蔗 11-1074 和云瑞 12-263, 其余 9 个品种均小于 CK。

#### 2.2.5 实际产量



13 个品种中,有 6 个品种的宿根蔗产量高于其新植蔗,分别是:粤甘 52 号、桂糖 13-386、福农 10-0574、福农 10-14405、柳城 09-19 和中糖 13-01,表现出良好的宿根性。宿根蔗产量高于 CK 的品种有 6 个,分别是粤甘 52 号、粤甘 53 号、桂糖 13-386、福农 10-0574、福农 10-14405 和中糖 13-01。

13 个品种的 1 新 1 宿平均实际蔗产量在 84.97~121.44 t/hm<sup>2</sup> 之间,最高的是粤甘 53 号,比 CK (110.18 t/hm<sup>2</sup>)高 10.21%,最低的是云蔗 11-1074,比 CK 低 22.89%。13 个品种中,实际蔗产量高于 CK 的品种有 6 个,从高到低依次分别是粤甘 53 号、中蔗 6 号、桂糖 13-386、粤甘 52 号、中糖 13-01 和福农 10-14405,其余 7 个品种均低于 CK。

利用 DPS 7.05 对 1 新 1 宿平均实际蔗产量做差异显著性分析,结果表明:粤甘 53 号、中蔗 6 号、桂糖 13-386、粤甘 52 号、中糖 13-01 和福农 10-14405 的新宿平均蔗产量高于 CK,但差异不显著;中蔗 13 号、福农 10-0574、云瑞 12-263、柳城 09-19、海蔗 28 号和粤甘 51 号的新宿平均蔗产量低于 CK,但差异不显著;只有云蔗 11-1074 低于 CK 且差异达到显著水平。

### 2.3 蔗糖分

从表 3 可以看出,13 个参试品种中,除了粤甘 51 号、福农 10-14405 和中蔗 6 号的蔗糖分在 1 月份达到最大值以外,其余 11 个品种 11~2 月份的糖分变化是随着时间推移呈现递增趋势,2 月份均达到峰值。CK 于 1 月份达到糖分最大值,为 17.47%。13 个参试品种所能达到的最高糖分均低于 CK,最高糖分含量在 15.58~17.47%之间。11~12 月平均蔗糖分高于 CK (14.73%)的只有粤甘 53 号,平均蔗糖分为 15.30%,比 CK 提高了 0.57 个百分点,增幅为 3.87%;1~2 月平均蔗糖分高于 CK (17.26%)的只有粤甘 53 号,平均蔗糖分为 17.27%,略高于 CK,基本与之相当;全期平均蔗糖分高于 CK (15.99%)的只有粤甘 53 号,平均蔗糖分为 16.28%,比 CK 提高了 0.29 个百分点,增幅为 1.82%。

利用 DPS 7.05 对新宿全期平均蔗糖分做差异显著性分析,结果表明:粤甘 53 号的平均蔗糖分高于 CK,但差异不显著;柳城 09-19、桂糖 13-386、中蔗 13 号和云蔗 11-1074 的平均蔗糖分低于 CK,但差异不显著;中糖 13-01、中蔗 6 号、福农 10-14405、粤甘 52 号、海蔗 28 号、云瑞 12-263、粤甘 51 号和福农 10-0574 的平均蔗糖分低于 CK,且差异达到显著水平。

表 3 1 新 1 宿平均蔗糖分

序号	品种	1 新 1 宿平均蔗糖分(%)							比 CK±(%)
		11 月	12 月	1 月	2 月	11~12 月平均	1~2 月平均	全期平均	
1	粤甘 51 号	12.48	14.49	15.58	15.58	13.48	15.58	14.53±0.37e	-9.15
2	粤甘 52 号	13.64	14.18	15.58	16.28	13.91	15.93	14.92±0.33cde	-6.71
3	粤甘 53 号	14.82	15.79	17.09	17.45	15.30	17.27	16.28±0.52a	1.82
4	桂糖 13-386	14.22	14.66	16.44	17.12	14.44	16.78	15.61±0.25abc	-2.40
5	云蔗 11-1074	13.53	15.10	16.31	16.44	14.32	16.37	15.34±0.67bcd	-4.07
6	云瑞 12-263	13.32	14.08	15.17	16.34	13.70	15.75	14.73±0.18de	-7.92
7	福农 10-0574	12.63	13.75	14.86	16.68	13.19	15.77	14.48±0.29e	-9.47
8	福农 10-14405	13.14	14.53	16.41	16.30	13.84	16.36	15.10±0.64cde	-5.61
9	柳城 09-19	13.55	15.03	16.72	17.40	14.29	17.06	15.67±0.24abc	-2.00
10	中蔗 6 号	13.09	14.94	16.30	16.23	14.01	16.26	15.14±0.56cde	-5.35
11	中蔗 13 号	13.63	15.36	16.08	17.28	14.49	16.68	15.59±0.42abc	-2.54
12	中糖 13-01	14.08	14.47	15.89	16.40	14.27	16.15	15.21±0.46cde	-4.90
13	海蔗 28 号	13.53	14.68	15.13	15.91	14.10	15.52	14.81±0.55de	-7.40
14	ROC22 (CK)	14.23	15.23	17.47	17.05	14.73	17.26	15.99±0.26ab	-

注:全期平均蔗糖分数据为平均数±标准差,同列数据后含有不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

## 2.4 含糖量

从表 4 可以看出, 13 个参试品种的平均含糖量在 13.03~19.89 t/hm<sup>2</sup> 之间, 含糖量最高的是粤甘 53 号, 最低的是云蔗 11-1074。13 个品种中有 3 个品种高于 CK (17.63 t/hm<sup>2</sup>), 从高到低依次为粤甘 53 号、桂糖 13-386 和中蔗 6 号, 其余 10 个品种均低于 CK。

利用 DPS 7.05 对新宿平均含糖量做差异显著性分析, 结果表明: 粤甘 53 号的平均含糖量高于 CK 且差异达到显著水平; 桂糖 13-386 和中蔗 6 号的平均含糖量高于 CK, 但差异不显著; 中糖 13-01、中蔗 13 号、粤甘 52 号、福农 10-14405、柳城 09-19 福农 10-0574 和云瑞 12-263 的平均含糖量低于 CK, 但差异不显著; 海蔗 28 号、粤甘 51 号和云蔗 11-1074 的平均含糖量低于 CK, 且差异达到显著水平。

表 4 1 新 1 宿平均含糖量

序号	品种	平均含糖量(t/hm <sup>2</sup> )			
		新植	宿根	平均	比 CK±(%)
1	粤甘 51 号	15.11	14.41	14.76±1.43ef	-16.27
2	粤甘 52 号	14.84	19.16	17.00±1.49bcde	-3.55
3	粤甘 53 号	21.14	18.64	19.89±1.08a	12.86
4	桂糖 13-386	15.64	21.28	18.46±1.14ab	4.72
5	云蔗 11-1074	14.54	11.52	13.03±0.36f	-26.08
6	云瑞 12-263	16.53	14.79	15.66±0.89cde	-11.15
7	福农 10-0574	14.74	16.71	15.73±0.6cde	-10.78
8	福农 10-14405	15.28	18.54	16.91±1.95bcde	-4.06
9	柳城 09-19	15.96	17.27	16.61±1.16bcde	-5.75
10	中蔗 6 号	18.58	17.20	17.89±0.51abc	1.49
11	中蔗 13 号	19.44	14.83	17.13±1.08bcd	-2.80
12	中糖 13-01	16.45	18.32	17.38±0.58bcd	-1.38
13	海蔗 28 号	16.23	14.32	15.27±1.65de	-13.35
14	ROC22 (CK)	17.17	18.08	17.63±0.95bc	-

注: 平均含糖量数据为平均数±标准差, 同列数据后不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。

## 2.5 抗病抗倒性及孕穗开花

### 2.5.1 枯心率

13 个参试品种枯心率在 0.94%~5.15%之间, 其中中糖 13-01 枯心率最高, 粤甘 51 号枯心率最低。13 个品种中只有粤甘 51 号枯心率低于 CK(2.33%), 其余 12 个品种枯心率均高于 CK。

### 2.5.2 黑穗病

13 个参试品种中, 所有品种在新植时均未发现黑穗病, 但在第 1 年宿根时有 6 个品种开始出现黑穗病, 分别是中糖 13-01、云蔗 11-1074、中蔗 13 号、云瑞 12-263、粤甘 51 号和柳城 09-19, 发病率在 0.15%~0.64%之间。

### 2.5.3 梢腐病

13 个参试品种均有不同程度的梢腐病发生, 发病率在 0.1%~15.11%之间, CK 发病率为 0。其中云蔗 11-1074 和中蔗 6 号发病比较严重, 发病率分别是 15.11%和 8.91%, 其余 11 个品种梢腐病发病率均低于 5%。

### 2.5.4 赤腐病

13 个参试品种均有不同程度的赤腐病发生, 发病率在 0.15%~22.54%之间, CK 发病率为 0。其中中蔗 6 号、云瑞 12-263、柳城 09-19 发病最为严重, 发病率分别是 22.54%、14.08%、13.55%, 其次粤甘 53 号、福农 10-14405、中糖 13-01 也较为严重, 发病率分别是 6.78%、5.49%、5.08%, 其余 7 个品种梢腐病发病率均低于 5%。

## 2.5.5 倒伏情况

13 个参试品种在新宿两季生长过程中均表现直立，抗倒性比较好。

## 2.5.6 孕穗开花

13 个参试品种中，有 7 个品种直到 2 月份没有孕穗开花现象，粤甘 51 号、粤甘 53 号和福农 10-14405 在 12 月份开始孕穗开花，云瑞 12-263、中蔗 13 号和海蔗 28 号在 1 月份开始孕穗开花。

表 5 抗病抗倒性及孕穗开花调查结果

序号	品种	枯心率(%)	黑穗病 发病率(%)	梢腐病 发病率(%)	赤腐病 发病率(%)	抗倒性	孕穗开花 始期
1	粤甘 51 号	0.94	0.60	2.13	2.57	直立	12 月
2	粤甘 52 号	3.30	0.00	0.84	1.17	直立	无
3	粤甘 53 号	3.74	0.00	0.10	6.78	直立	12 月
4	桂糖 13-386	4.25	0.00	1.83	3.50	直立	无
5	云蔗 11-1074	3.30	0.20	15.11	0.68	直立	无
6	云瑞 12-263	4.05	0.42	0.74	14.08	直立	1 月
7	福农 10-0574	2.70	0.00	4.65	0.15	直立	无
8	福农 10-14405	2.62	0.00	2.56	5.49	直立	12 月
9	柳城 09-19	4.06	0.64	1.43	13.55	直立	无
10	中蔗 6 号	3.28	0.00	8.91	22.54	直立	无
11	中蔗 13 号	3.66	0.33	0.34	0.74	直立	1 月
12	中糖 13-01	5.15	0.15	4.29	5.08	直立	无
13	海蔗 28 号	2.49	0.00	0.77	1.77	直立	1 月
14	ROC22 (CK)	2.33	0.00	0.00	0.00	直立	无

### 3 结论与讨论

国家第 14 轮甘蔗品种湛江站 1 新 1 宿区试验结果表明,不同参试品种在湛江地区表现有明显差异,各参试品种综合评价如下:

(1)粤甘 51 号: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率一般, 株高中等, 中大茎, 有效茎少, 产量低, 糖分较低, 含糖量低, 有少量枯心、黑穗病、梢腐病和赤腐病。不倒伏, 12 月孕穗开花。

(2)粤甘 52 号: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率高, 植株高大, 中大茎, 有效茎多, 产量高, 糖分较低, 含糖量稍低, 有少量枯心、梢腐病和赤腐病, 无黑穗病。不倒伏, 不孕穗开花。

(3)粤甘 53 号: 萌芽好, 分蘖强, 宿根发株率高, 植株高大, 中茎, 有效茎多, 产量高, 早熟高糖, 含糖量高, 有少量枯心、梢腐病, 赤腐病较重, 无黑穗病。不倒伏, 12 月孕穗开花。

(4)桂糖 13-386: 萌芽好, 分蘖强, 宿根发株率较好, 株高中等, 中大茎, 有效茎多, 产量高, 糖分稍低, 含糖量较高, 有少量枯心、梢腐病和赤腐病, 无黑穗病。不倒伏, 不孕穗开花。

(5)云蔗 11-1074: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率一般, 株高中等, 中大茎, 有效茎少, 产量低, 糖分稍低, 含糖量低。有少量枯心、黑穗病和赤腐病, 梢腐病较重。不倒伏, 不孕穗开花。

(6)云瑞 12-263: 萌芽率低, 分蘖一般, 宿根发株率低, 株高中等, 大茎, 有效茎少, 产量稍低, 糖分低, 含糖量低。有少量枯心、黑穗病和梢腐病, 赤腐病较重。不倒伏, 1 月份孕穗开花。

(7)福农 10-0574: 萌芽一般, 分蘖一般, 宿根发株率一般, 株高较矮, 中大茎, 有效茎多, 产量稍低, 糖分低, 含糖量低。有少量枯心、梢腐病和赤腐病, 无黑穗病。不倒伏, 不孕穗开花。

(8)福农 10-14405: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率较好, 株高中等, 中大茎, 有效茎多, 产量较高, 糖分较低, 含糖量较低。有少量枯心和梢腐病, 赤腐病稍重, 无黑穗病。不倒伏, 12 月孕穗开花。

(9)柳城 09-19: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率低, 植株高大, 中大茎, 有效茎多, 产量较低, 糖分稍低, 含糖量较低。有少量枯心、黑穗病和梢腐病, 赤腐病较重。不倒伏, 不孕穗开花。

(10)中蔗 6 号: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率低, 植株高大, 中大茎, 有效茎多, 产量高, 糖分较低, 含糖量较高。有少量枯心, 梢腐病较重, 赤腐病严重, 无黑穗病。不倒伏, 不孕穗开花。

(11)中蔗 13 号: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率一般, 植株高度中等, 中大茎, 有效茎多, 产量稍低, 糖分稍低, 含糖量稍低。有少量枯心、黑穗病、梢腐病和赤腐病。不倒伏, 1 月份孕穗开花。

(12)中糖 13-01: 萌芽好, 分蘖差, 宿根发株率高, 植株高大, 中大茎, 有效茎多, 产量较高, 糖分较低, 含糖量稍低。枯心率较高, 有少量黑穗病、梢腐病和赤腐病。不倒伏, 不孕穗开花。

(13)海蔗 28 号: 萌芽好, 分蘖极强, 宿根发株率一般, 植株高度中等, 中大茎, 有效茎多, 产量较低, 糖分较低, 含糖量低。有少量枯心、梢腐病和赤腐病, 未发现黑穗病。不倒伏, 1 月份孕穗开花。

综上所述, 通过对 13 个参试品种进行综合评价比较, 粤甘 53 号和桂糖 13-386 这 2 个品种萌芽好, 分蘖强, 宿根性好, 高产高糖, 病虫害少, 不倒伏, 表现最佳, 粤甘 53 号属早熟高糖品种, 桂糖 13-386 属中晚熟品种, 均适宜在当地种植推广。另外, 本试验数据仅为广前蔗区表现结果, 由于湛江广前、丰收、华海 3 大蔗区土壤气候条件有所不同<sup>[7]</sup>, 因此建议在其他 2 个区域进行推广前, 应进一步观察其在当地的适应性。

### 参考文献

- [1] 张跃彬, 吴才文. 国内外甘蔗产业技术进展及发展分析[J]. 中国糖料, 2017, 39(3): 47-50.
- [2] 张跃彬. 我国蔗糖产业安全问题与发展对策[J]. 中国糖料, 2019, 41(1): 66-68.
- [3] 杨开兴. 全国甘蔗品种第十四轮联合区试漳州新植试验表现[J]. 福建热作科技, 2020, 45(03): 30-32.
- [4] 李媛甜, 肖培先, 李翠英, 等. 国家第 12 轮甘蔗品种区试德宏点评价[J]. 甘蔗糖业, 2019(3): 11-17.
- [5] 李添文, 覃莉淳, 李廷化, 等. 国家甘蔗品种第 13 轮区试金光点新植试验初报[J]. 甘蔗糖业, 2020(01): 1-5.
- [6] 孔冉, 罗炼芳, 李栋梁, 等. 第五轮国家甘蔗品种集成示范湛江新植试验结果[J]. 中国糖料, 2018, 40(2): 31-32, 35.
- [7] 杨运萍, 刘建荣, 李海忠, 等. 国家第五轮集成示范甘蔗新品种在前进示范县的表现与种性评价[J]. 中国热带农

业, 2018(6): 63-68.

- [8] 丁春华, 李超, 李言春, 等. 国家第十一轮甘蔗品种区试保山点评价[J]. 广西糖业, 2019(06): 8-13.
- [9] 田夏红, 刘建荣, 郑乾坤, 等. 国家第 13 轮甘蔗品种区试湛江站评价[J]. 甘蔗糖业, 2020, 49(05): 19-25.
- [10] 张树河, 李瑞美, 李和平, 等. 国家甘蔗品种第十一轮联合区试漳州试验总结[J]. 中国热带农业, 2019(02): 58-62.
- [11] 李文教, 何兰线, 黄文武, 等. 第十一轮全国甘蔗品种(系)百色试点宿根性状评价[J]. 现代农业科技, 2019(01): 96-97+101.
- [12] 李媛甜, 肖培先, 李翠英, 等. 国家第十一轮甘蔗品种区试德宏点评价[J]. 中国糖料, 2018, 40(06): 33-36+40.
- [13] 张树河, 李海明, 李和平, 等. 国家甘蔗品种第十二轮区试漳州试验小结[J]. 中国糖料, 2017, 39(03): 14-15+20.

## 杧果 *MiNAC1* 基因功能的初步探究

杨小州, 何新华, 刘源, 余海霞, 周少丽, 罗聪\*

广西大学农学院, 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 植物科学国家级实验教学示范中心, 广西南宁 530004

**摘要** 本研究以超量表达 *MiNAC1* 基因的拟南芥株系为实验材料, 在长日照条件培养下, 对 *MiNAC1#2*、*MiNAC1#7*、*MiNAC1#9* 转基因株系进行表型分析, 与对照组相比, 其花期、莲座叶数目以及株高的差异均不显著 ( $p < 0.05$ )。采用 0 mM、250 mM、500 mM 甘露醇 (Mannitol) 模拟干旱胁迫, 在 250 mM 甘露醇溶液处理下, *MiNAC1#2*、*MiNAC1#7*、*MiNAC1#9* 转基因株系根长分别是对照组株系的 2.49 倍、1.69 倍、2.10 倍, 显示极显著 ( $p < 0.01$ )。采用 0 mM、100 mM、150 mM、200 mM NaCl 溶液模拟盐胁迫, 在 100 mM NaCl 溶液处理下, *MiNAC1#2*、*MiNAC1#7*、*MiNAC1#9* 转基因株系根长分别是对照组株系的 2.37 倍、2.24 倍、2.40 倍, 显示极显著 ( $p < 0.01$ )。采用 4°C 光照培养箱模拟低温胁迫, 在 4°C 低温处理时, *MiNAC1#2*、*MiNAC1#7*、*MiNAC1#9* 转基因株系根长分别是对照组株系的 1.67 倍、1.60 倍、1.70 倍, 显示极显著 ( $p < 0.01$ )。实验结果: 在干旱、盐、和低温三种非生物胁迫下, 转基因株系的根长显著长于对照组, 由此显示超量表达 *MiNAC1* 基因拟南芥的耐旱、耐盐和耐低温能力增强。本研究为开展芒果的抗逆性育种提供参考依据。

**关键词** 杧果; *MiNAC1*; 非生物胁迫; 功能验证

**基金项目** 广西自然科学基金青年基 (No.2014GXNSFBA118102, 国家现代农业产业技术体系广西芒果创新团队栽培与病虫害防治岗位项目 (nycytxgxcxtd-2021-06-1); 科技先锋队“强农富民”“六个一”专项行动 (No.202104)。

**作者简介** 杨小州(1991—), 男, 硕士; 研究方向: 果树遗传育种与生物技术。通讯作者(Corresponding author): 罗聪(LUO Cong), E-mail: 22003luocong@163.com。

## 橡胶树不同品种橡胶质量比较分析

覃怀德, 康桂娟, 聂智毅, 曾日中

中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南省高性能天然橡胶材料工程重点实验室, 海口 571101

**摘要** 天然橡胶是主要来源于热带树种--巴西橡胶树。橡胶树不同品种由于遗传特产的差异, 其所产的天然橡胶质量存在较大差异。我们采集海南植胶区主栽橡胶树品种的橡胶样品, 检测胶乳中橡胶粒子的大小与分布、生胶样品的杂质含量、灰分含量、总氮含量、挥发份含量、塑性初值(P0)、塑性保持率(PRI)、门尼粘度值、橡胶分子量和硫化胶的力学性能等指标。结果表明不同品种生胶中杂质含量、灰分含量、以及氮含量 3 个指标值无明显差异; 而挥发份含量、门尼粘度、P0 及 PRI 值等 4 个指标波动范围较大、差异明显。同一品系橡胶树不同季节生胶的塑性初值 P0、塑性保持率 PRI、橡胶粒子平均粒径和门尼粘度值也存在较大差异。硫化胶的力学性能比较分析表明, 不同品种橡胶的拉伸强度、撕裂强度、定伸应力等指标也存在较大差异。该研究结果为高性能天然橡胶生产提供理论基础和科技支撑。

覃怀德, 副研究员, 毕业于南京农业大学遗传学专业, 获理学博士学位。现在中国热带农业科学院橡胶研究所从事橡胶树质量研究工作。近年来主持的科研项目有: 国家自然科学基金项目“橡胶树橡胶生物合成关键蛋白SRPP 互作蛋白的鉴定及功能分析”(No. 31500545), 海南省自然科学基金项目“橡胶树橡胶粒子粒径与橡胶质量相关性研究”(No. 319MS089)”等。

# 橡胶树膜系统酵母双杂交 cDNA 文库及 HbSRPP7 诱饵蛋白载体的构建与鉴定

聂智毅, 康桂娟, 覃怀德, 曾日中

中国热带农业科学院橡胶研究所, 农业农村部橡胶树生物学与遗传资源利用重点实验室, 省部共建国家重点实验室培育基地-海南省热带作物栽培生理学重点实验室, 海口 571101

**摘要** 小橡胶粒子蛋白 (small rubber particle protein, SRPP) 可能与其他橡胶粒子蛋白通过蛋白间相互作用, 在橡胶生物合成中发挥重要作用。为鉴定 SRPP 家族中 HbSRPP7 的互作蛋白。利用位点特异性重组技术构建膜蛋白酵母双杂交系统 (Membrane Yeast Two-Hybrid System, MYTH) cDNA 文库, 利用 DUALmembrane system 构建 pBT3STE-SRPP7 和 pBT3SUC-SRPP7 诱饵载体。制备了原始库容为  $1.5 \times 10^7$  cfu, 基于分离泛素膜蛋白酵母双杂交系统的均一化橡胶树胶乳 cDNA 文库, 其插入片段平均长度大于 1500 bp, 重组率约为 100%。制备了 pBT3STE-SRPP7、pBT3SUC-SRPP7 诱饵载体并确认其能在 NMY32 酵母菌株中正确表达, 无自激活活性。成功构建了橡胶树胶乳膜系统双杂交 cDNA 文库以及两个 HbSRPP7 诱饵载体, 可用于后续互作蛋白筛选实验。

**关键词** 橡胶树; HbSRPP7; 酵母双杂交; cDNA 文库; 诱饵载体

中图分类号 Q949.748.5

文献标识码 A

## Construction of a Normalized *Hevea brasiliensis* Latex MYTH cDNA Library and HbSRPP7 Bait Vectors

NIE Zhiyi KANG Guijuan QIN Huaide ZENG Rizhong

Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Rubber Tree, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, State Key Laboratory Incubation Base for Cultivation and Physiology of Tropical Crops, Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Haikou, 571101

**Abstract** Small rubber particle protein (SRPP) family proteins might play an important role in rubber synthesis by interacting with other rubber particle proteins. In order to screen the interaction protein of HbSRPP7. The Membrane Yeast Two-Hybrid (MYTH) System cDNA library were constructed using the site-specific recombination technology, and pBT3STE-SRPP7 and pBT3SUC-SRPP7 bait vectors were constructed using the DUALmembrane system. A normalized *Hevea brasiliensis* latex cDNA library were constructed based on Split-Ubiquitin Based Membrane Yeast Two-Hybrid System. The capacity of the cDNA library was  $1.5 \times 10^7$  cfu, the average library recombination rate was about 100%, and the average amplification sizes of insert fragments in the cDNA library were above 1500 bp. The constructed pBT3STE-SRPP7 and pBT3SUC-SRPP7 bait vectors were well expressed in yeast and hadn't self-activation. A *Hevea brasiliensis* latex MYTH yeast two-hybrid library and two HbSRPP7 bait vectors were successfully constructed and can be used for further hybrid library screening.

**Key words** *Hevea brasiliensis*; HbSRPP7; Yeast two-hybrid; cDNA library; bait vector



# 一种植物启动子和基因靶向扩增多态性 CEAP 分子标记的开发与运用

陈美燕<sup>2</sup>, 何新华<sup>\*</sup>, 黄星, 陆婷婷, 张艺粒, 朱嘉伟, 余海霞, 罗聪<sup>\*\*</sup>

广西大学农学院, 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 植物科学国家级实验教学示范中心, 广西南宁 530004

**摘要** 顺式元件在植物启动子和基因序列中广泛存在, 对基因的表达起调控作用。顺式元件高度保守, 在不同物种之间其个数与种类存在差异, 根据这一特性, 课题组分别选择了与植物生长发育、信号传导、逆境胁迫应答等密切相关的AAAG、ACGTG、CCGA、ACTCAT、GGTCA、TATCC、TGAC和GATAA共8个顺式元件, 以其保守的核心序列为中心, 在其5'端设计填充序列, 在3'端设计为二或三个核苷酸的替换分别设计引物, 通过调节5'端填充序列的GC含量, 保证每条设计的引物GC含量在50%-61.11%之间, 引物长度为18 bp。每个顺式元件设计了28条引物, 8个元件共设计了224条引物。CEAP分子标记为单引物扩增分子标记, 以植物基因组DNA为模板, 利用Touchdown PCR反应程序(退火温度为50°C)进行扩增, PCR产物通过1.8-2.3%的琼脂糖进行电泳分离条带。对112条CEAP引物在8个芒果资源中进行了扩增分析, 结果显示, 这些引物均能够扩增出清晰的条带, 且重复性好, 但不同引物扩增的条带数和多态性存在差异。利用UPMGA聚类分析发现, 至少选择3个扩增条带数量多的元件, 每个元件选择6条扩增多态性高的引物进行联合聚类可以获得较为准确的亲缘关系。同时研究发现CEAP分子标记在水稻、番茄、马铃薯、冬瓜、柑橘和龙眼等不同物种中也能够扩增出清晰和具有多态性的条带, 证明其在不同物种中的通用性。通过克隆测序, 发现CEAP分子标记扩增多态性来源于启动子内部、启动子与基因之间、基因内部以及基因与3'端非编码区域。证明其是一种启动子和基因锚定PCR分子标记技术, 可以在植物的遗传多样性分析、亲缘关系鉴定以及分子标记辅助育种中进行运用。

**关键词** CEAP; 顺式元件; 启动子靶向标记; 基因靶向标记; 分子标记

**资助项目** 广西科技重大专项(桂科 AA17204026), 国家现代农业产业技术体系广西芒果创新团队栽培与病虫害防治岗位项目(nycytxgxcxtd-2021-06-1); 科技先锋队‘强农富民’‘六个一’专项行动(202104); 广西研究生教育创新项目(YCSW2021043)。

**作者简介** 陈美燕(1997—), 女, 在读硕士研究生; 研究方向: 果树学。通讯作者(Corresponding author): 罗聪(LUO Cong), E-mail: [22003luocong@gxu.edu.cn](mailto:22003luocong@gxu.edu.cn)

## 乙烯利浓度和割胶频率对橡胶树生胶性能的影响

康桂娟, 黎瑜, 曾日中

(中国热带农业科学院橡胶研究所)

**摘要** 乙烯利刺激和不同的割胶频率影响橡胶树胶乳产量和橡胶质量。以我国植胶区大面积推广种植的主栽品系热研 7-33-97 为研究对象, 分析了不同乙烯利浓度和割胶频率条件下生胶橡胶分子量和物化指标等方面的差异。结果表明: (1) 一定浓度乙烯利刺激后生胶样品中的挥发份含量和塑性保持率 PRI 明显下降, 塑性初值  $P_0$ 、门尼粘度值和平均分子量上升; 金属离子 Ca 和 Cu 含量上升, Fe 和 Mn 含量降低。硫化后橡胶的拉断伸长率和拉伸强度下降, 定伸应力和撕裂强度升高。(2) 1 天/刀 (S/2 d/1), 3 天/刀 (S/2 d/3), 5 天/刀 (S/2 d/5) 和 7 天/刀 (S/2 d/7) 不同割胶强度明显影响橡胶树生胶的基本性能。随着割胶频率降低, 总氮含量下降; 挥发份含量升高; 塑性初值  $P_0$  下降, 塑性保持率 PRI 和门尼粘度值增加。金属离子 Ca、Mg 和 Fe 含量随着割胶频率降低而增加, 而 Cu 离子含量随之下降; 重均和数均分子量增加。因此割胶生产中施以一定浓度的乙烯利刺激和调整割胶频率有助于提高橡胶质量。

**康桂娟 博士** 2010 年毕业于浙江大学农业与生物技术学院, 在中国热带农业科学院橡胶研究所胶乳质量控制课题组工作, 从事橡胶树产胶及质量形成的调控机制研究, 主持完成国家自然科学基金青年基金项目等 4 项; 发表论文 13 篇, 其中 SCI 4 篇; 获授权国家发明专利 3 项。

# 奥普尔肥在荔枝标准化生产上的应用示范初报

吴增辉<sup>1</sup>, 骆争明<sup>2\*</sup>, 李国华<sup>1</sup>, 卢文标<sup>3</sup>, 罗丽娟<sup>2</sup>

1 广东农垦黎明农场有限公司 广东廉江 524431

2 广东省湛江农垦集团有限公司 广东湛江 524022

3 湛江市绿生保科技发展有限公司 广东湛江 524001

**摘要** 本试验是采用一种作物必需营养元素齐全的腐植酸型有机肥料-奥普尔肥料。实验结果表明, 在荔枝周年施肥上可以做到, 一年只需施一种肥料和一次施用, 在周年内不再施用其它有机肥、无机肥和生物菌肥料, 这种做法可以减少施肥次数, 减少施肥用量, 减少施肥用工、操作简单, 容易实行机械化和标准化生产, 同时荔枝产量和品质也有明显的提高。

**关键词** 奥普尔肥料; 荔枝; 周年一次施肥; 标准化生产

**文献标识码** A

为了保证挂果荔枝园年年丰产, 在传统的荔枝周年施肥中, 每年在采果后培养秋梢中要施叁次无机复合肥, 控梢促花阶段要施一次有机和生物菌肥, 到开花坐果期还要施叁次无机复合肥, 这样的施肥方式和做法, 不但用肥量大, 用工也多, 也难以实行机械化和标准化生产。广东省近年来提出, 荔枝产业高质量发展行动计划, 其中提出荔枝园要实行机械化、标准化生产。为了做好荔枝园施肥的机械化和标准化, 本试验提出了改变原来传统的施肥方法和方式。使用 25%奥普尔有机-无机复混肥, 一周年只开沟施一次肥, 其后只在叶面喷施奥普尔液肥, 中间不再施其它肥料的方法, 为今后大面积推广应用提供理论和实践。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

1.1.1 试验地的基本情况 试验地位于广东省廉江市黎明农场 4 队, 荔枝品种为妃子笑, 树龄 19 年 (1999 年种植), 嫁接苗, 实有株数 960 株 (平均每亩 25 株, 共 38.4 亩), 原来长期是以施化肥为主, 每年促秋梢肥施三次, 每批梢一次, 花果期三次。少数年分在冬肥施用部分有机肥如鸡粪等, 年投入肥料成本约在 2 万多元, 最高年分总产量 3 万公斤, 常年产量在 2.5 万公斤左右。

1.1.2 使用肥料 25%奥普尔有机-无机复混肥 (由海南百荣达新生物科技发展有限公司生产);

1.1.3 开沟机械 采用嘉盛牌 3TGQ-4.0-1 (由重庆箭驰机械有限公司生产);

### 1.2 方法与设计

采用同一块地不同年分施用不同的肥料和不同的施用方法的前后对比法。在每年荔枝采完果后进入促秋梢施肥管理时开始或采完果修剪后再进行施每年的促秋梢施肥。方法是在荔枝树冠滴水线下开沟, 沟长与树冠一样宽或开成弧形, 沟深 15 厘米以上, 施肥量每株一次性年施 4 公斤 25%奥普尔有机-无机复混肥。施肥方法是先在施肥的位置按量撒肥, 然后用开沟机械进行开沟与混合肥料一起混合, 最后回填土平沟即可, 每年轮换一次施肥位置。后面在抽出的每批梢结合防病虫一起再加入奥普尔液肥进行叶面喷施肥料, 从荔枝形态分化后开始, 分别在促花期、壮花期、保花期和第一、二、三次生理落果期各喷一次, 在膨果期硬核期和转色期各喷一次, 共 9 次。每次使用可结合喷农药和调节剂一起使用, 从而作为叶面追肥补充营养。

**备注:**

**资助项目** 中央财政农业生产发展资金项目 (广东省荔枝高标准生态智慧果园)

**作者简介** 吴增辉, 男, 汉族, 农艺师, 研究方向为农业生产技术管理与推广。**通讯作者** 骆争明, 男, 农艺师, 研究方向为农业产业化技术试验、示范与推广, E-mail: zjnkj07@126.com

## 2 结果与分析

### 2.1 产量对比

该试验从 2018 年开始到 2021 年结束, 每年的产量情况见表 1

表 1 2018-2021 年的肥料投入和产量对比

年份	施肥时间	每株施肥量(公斤/株)	每株施肥成本(元/株)	年产果总量(公斤)	产量对比(%)
2017年	夏、秋、冬、春	15+3	30	30336	
2018年	在夏季(采果后)	4	27	48384	59.4
2019年	在夏季(采果后)	4	27	52800	74.1
2020年	在夏季(采果后)	4	27	55200	82
2021年	在夏季(采果后)	4	27	57600	89.9
备注	2017年是对照年, 试验前是施肥最多的年分也是产量最高年分, 施肥 15+3 是指 15 公斤鸡粪加 3 公斤无机复合肥, 其它 4 公斤是指奥普尔肥。				

从表 1 看到, 该果园自从改用施一次性年施奥普尔肥后, 由 2017 年未施前的总产量 30336 公斤, 到 2018 年第一年施用奥普尔肥料后总产量上升到 48384 公斤, 其后逐年稳步上升到 2021 年的总产 57600 公斤, 与传统的施用比提高了 89.9% 的产量。

## 2.2 施肥量及用工对比

表 2 试验前后的用肥量及用工对比

处理	株施有机肥(公斤/株)	株施化肥(公斤/株)	株施奥普尔肥(公斤/株)	全园用工量(个)	开沟机成本折旧(元)	全园用工成本(元)	两种不同用肥的施肥用工对比
试验前	15	3		150		16500	16500
试验后			4	30	933	3300	4233
对比(±)				-120	933	-13200	-12267

从表 2 看到用不同肥料的施用用工差异也较大, 传统施肥方法在施有机肥和撒施 5 次化肥时全园就要用 150 个工, 按每个工 110 元算, 每年单施肥就要用去劳务费 16500 元, 而改用施奥普尔肥后, 虽然增加了购置开沟机械的成本 933 元(按 3 年折旧计算, 每年的使用费用), 但用工成本就大为减少到 30 个, 最终使用的用工加机械费用只需 4233 元, 总用工费用却减少了 12267 元。

## 2.3 肥料成本对比

表 3 全园用肥料成本对比

处理	施有机肥(吨)	金额(元)	施奥普尔肥或化肥量(公斤)	金额(元)	全园用肥成本(元)
试验前	14.4	11520	2880	17280	28800
试验后			3840	25920	25920
对比(±)					-2880

从表 3 看到试验前, 传统的施肥全园用肥总成本是 28800 元, 而改用施奥普尔肥后全园用肥总成本只有 25920 元, 相冲减节约了肥料成本 2880 元。

## 2.4 肥料和施肥用工总成本对比

表 4 用肥用工总成本对比

处理	施肥总金额(元)	用工总金额(元)	全园年用肥及施肥用工成本(元)
试验前	28800	16500	45300
试验后	25920	4233	30153
对比(±)	-2880	-12267	-15147

从表 4 可以看到, 同一个荔枝园试验前后, 用不同的肥料和不同的施用方法, 全园年可减少肥料支出

2880 元，减少施肥用工支出 12267 元，两项合计全园一年可减少成本费用 15147 元。

### 3 讨论

1、通过四年的试验可以看到奥普尔有机-无机复混肥用在荔枝上施用，效果是明显的，而且作为年周期只施一次肥料来使用也是可行的。

2、奥普尔有机-无机复混肥在荔枝上的使用方法，由于减少施肥次数、施肥用量和施肥用工，从而改变了传统的施肥方法。为我们下一步推行荔枝园的标准化、机械化和自动化的施肥，提供了一个切实可行的肥料。

3、由于奥普尔肥料是一种作物必需营养元素齐全的腐植酸型有机肥料，对提高荔枝的产量和质量，是有很好的帮助。同时该肥料是腐植酸类型的有机肥料，可以代替使用大量的传统农家肥，对改良荔枝园的土壤也是很有用的。

# 槟榔黄化病和槟榔黄叶病毒病原种苗检测研究初报

唐庆华, 孟秀丽, 林兆威, 黄山春, 余凤玉, 宋薇薇, 覃伟权\*

(中国热带农业科学院椰子研究所, 院士团队创新中心-槟榔黄化病综合防控, 海南省槟榔产业工程研究中心, 海南 文昌 571339)

**摘要** 槟榔黄化病 (yellow leaf disease of areca palm, YLD) 是一种毁灭性病害, 该病最早于印度报道, 中国于 1981 年在海南省屯昌县发现。在中国, 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所科研人员通过大田流行规律、电镜观察、四环素注射试验以及病原分子检测将病原鉴定为植原体, 与印度报道一致。2020 年, 海南大学科研人员发现槟榔隐症病毒 1 (APV1, 现更名为 APYLV1) 与海南槟榔黄化相关, 由其引起的病害现已正式从“槟榔黄化病”中分离出来, 正式命名为槟榔黄叶病毒病。此前, 槟榔黄化病 (包括槟榔黄叶病毒病) 传播途径方面缺乏研究。本团队在槟榔省重大项目的资助下开展了种苗、幼树检测研究。我们对采集于万宁、琼海和屯昌的 133 份样品进行了检测, 共检测到植原体单独感染样品 31 份, 占全部样品的 23.31%; 单独感染 APYLV1 的样品 63 份, 比例为 47.37%; 复合感染 4 份, 占 3.01%。上述结果暗示我们 2 种病害可能通过种苗进行远距离传播。后续我们将加大采样范围 (不同市县) 和数量, 探讨槟榔黄化病和黄叶病毒病扩散与跨乡镇乃至市县种苗引入的相关性。

**关键词** 槟榔; 黄化病; 黄叶病毒病; 病原; 检测

---

收稿日期: 2021-10-xx

基金项目: 2018 年海南省槟榔病虫害重大科技项目 (ZDKJ201817); 槟榔产业技术创新团队 (1630152017015)

第一作者: 唐庆华 (1978-), 男, 博士, 副研究员, 研究方向为植原体病害综合防治及病原细菌-植物互作功能基因组学;

电话: 0898-63330001; E-mail: [tchuna129@163.com](mailto:tchuna129@163.com)。

通讯作者: 覃伟权, 男, 研究员; 电话: 0898-63330001; E-mail: [QWQ268@163.com](mailto:QWQ268@163.com)。

## 不同杧果品种胶乳挥发性成分分析及胶乳的灼伤机制初探

母军霞<sup>1,2</sup>, 高兆银<sup>1</sup>, 弓德强<sup>1</sup>, 李敏<sup>1</sup>, 吴家礼<sup>1</sup>, 李俊国<sup>3</sup>, 胡美姣<sup>1\*</sup>

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所/农业农村部热带作物有害生物综合治理重点实验室, 海南海口 571101;

2 海南大学植物保护学院, 海南海口 570228;

3 海南大学园艺学院, 海南海口 570228

**摘要** 杧果果实采收过程中胶乳外溢灼伤果皮的问题在生产中非常突出, 胶乳接触果皮后在皮孔处形成褐化伤口, 使其容易受到真菌侵染, 从而造成蒂腐、炭疽等病害的发生, 严重影响杧果的商品价值。本研究以台农 1 号、贵妃、金煌、玉文、红象牙、四季蜜杧、金穗、红杉林等 8 个杧果品种的胶乳为材料, 利用气相色谱-质谱联用技术对其挥发性成分进行测定, 用 NIST 11 标准谱库对测定的质谱数据进行自动检索对照, 保留匹配度大于 90% 的化合物, 并对不同杧果品种的胶乳挥发性成分进行差异性分析, 为确定杧果胶乳中灼伤果皮的主要挥发性成分提供科学参考。超景深三维显微镜下观察果皮灼伤前后变化, 为初步探索胶乳灼伤果皮机制提供参考。研究结果表明, 台农 1 号、贵妃、金煌、玉文、红象牙、四季蜜杧、金穗和红杉林 8 个杧果品种共鉴定出 30 种匹配度大于 90% 的化合物, 这些化合物分为萜烯类、酚类、醛类和烷烃类。其中, 萜烯类是主要挥发性成分, 酚类、醛类和烷烃类占比极少。根据 8 个杧果品种胶乳中各挥发性成分的相对含量为数据源进行主成分分析将其分为 5 类: 第一类为贵妃和金煌, 第二类为台农 1 号和四季蜜杧, 第三类为红象牙和金穗, 第四类为玉文, 第五类为红杉林。同一类别杧果品种其胶乳的主要挥发性成分及相对含量相似, 不同类别杧果品种其胶乳的主要挥发性成分及相对含量差异较大。显微观察发现, 杧果胶乳主要损伤果皮皮孔, 不损伤气孔。

**关键词** 杧果; 胶乳; 甲醇提取物; 萜烯; 皮孔

# 长春花：一种适宜槟榔黄化病菌富集、测序等研究的寄主植物

唐庆华，孟秀丽，林兆威，黄山春，于少帅，余凤玉，宋薇薇，覃伟权\*

(中国热带农业科学院椰子研究所，院士团队创新中心-槟榔黄化病综合防控，海南省槟榔产业工程研究中心，海南 文昌 571339)

**摘要** 槟榔黄化病 (yellow leaf disease of areca palm, YLD) 是一种由植原体引起的毁灭性病害，由于植原体难以人工培养、含量低的特性，极大地限制了槟榔黄化植原体生物学特性以及致病机理等研究。长春花 [*Catharanthus roseus* (L.) G. Don]，又名五瓣梅、金盏草、四时春、日日新、雁头红、三万花，为夹竹桃科长春花属多年生草本植物，现已证实长春花是许多植原体和螺原体的自然寄主，且常被用作多种植原体的寄主开展相关实验。近一年来，我们在本所所辖的对面坡、三区种质资源圃、试验四区发现 9 株自然感染植原体的长春花植株，其症状表现为花变叶、小叶和黄化。由于这些染病长春花自然生长于槟榔园道路旁、椰子园、毗邻槟榔园的椰子园边缘，我们现已将染病长春花植株移至室内准备开展槟榔黄化病相关研究。用长春花开展相关研究具有 2 个优势，(1) 长春花在海南分布广泛，易于取材；(2) 二长春花易感染不同种类的植原体株系，可用来作为植原体病原的富集植物。我们的试验目的有三个：(1) 比较长春花植原体与槟榔黄化病植原体序列相似性，明确长春花是否为槟榔黄化病的中间寄主；(2) 通过菟丝子、疑似媒介昆虫接种以及嫁接试验，建立长春花-槟榔黄化植原体接种体系，研究长春花感染特点；(3) 富集槟榔黄化植原体，开展全基因组测序，进而开展槟榔黄化植原体致病相关基因或效应因子研究，解析其致病分子机制。

**关键词** 槟榔；黄化病；植原体；菟丝子；媒介昆虫

---

收稿日期：2021-xx-xx

基金项目：2018 年海南省槟榔病虫害重大科技项目 (ZDKJ201817)；槟榔产业技术创新团队 (1630152017015)

第一作者：唐庆华 (1978-)，男，博士，副研究员，研究方向为植原体病害综合防治及病原细菌-植物互作功能基因组学；

电话：0898-63330001；E-mail: [tchuna129@163.com](mailto:tchuna129@163.com)。

通讯作者：覃伟权，男，研究员；电话：0898-63330001；E-mail: [QWQ268@163.com](mailto:QWQ268@163.com)。



# 不同土壤改良处理对糖料蔗田间效应、农艺、经济效益影响的研究

冯学娟<sup>1)</sup> 经福林<sup>1\*)</sup> 梁明<sup>1)</sup> 吴刃<sup>1)</sup> 王维<sup>1)</sup> 张曼其<sup>1)</sup> 刘建荣<sup>1)</sup> 刘伟清<sup>1)</sup>

1.广东省湛江农垦科学研究所 广东湛江 524000

**摘要** 糖料蔗是广东省雷州半岛主要经济作物,是广东农垦的重要经济来源。随着糖料蔗的连作及不合理的施肥方式,导致土壤有机质含量低,并逐渐酸化,从而造成糖料蔗产量低、糖分低。因此,为解决蔗地土壤酸化,有机质低及糖料蔗糖分低等问题,找出一种有效改良土壤,增加糖料蔗糖分的配方,对广东雷州半岛蔗区健康发展至关重要。本文通过设置6种不同土壤改良配方:常规施肥对照、常规施肥+虾肽土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>、常规施肥+虾肽土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>+有机肥3000 kg/hm<sup>2</sup>、常规施肥+健土宝土壤调理剂2250 kg/hm<sup>2</sup>、常规施肥+钙镁硅肥土壤调理剂2250 kg/hm<sup>2</sup>、钙镁磷土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>等养分替代常规施肥过磷酸钙、甘蔗专用有机配方肥3000 kg/hm<sup>2</sup>,对蔗地进行土壤改良,并从蔗地养分、PH值变化,糖料蔗农艺、经济性状分析。结果发现:常规施肥+钙镁硅肥土壤调理剂2250 kg/hm<sup>2</sup>和常规施肥+虾肽土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>均能有效提高土壤PH值1.06和1.42,提高产糖量0.74t/hm<sup>2</sup>和0.86t/hm<sup>2</sup>,增加经济收入2731.68yuan/hm<sup>2</sup>和1730.39yuan/hm<sup>2</sup>,而其它配方却增加了投入成本。但鉴于常规施肥+虾肽土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>+有机肥3000 kg/hm<sup>2</sup>,除增加成本略高外(-85.05 yuan/hm<sup>2</sup>),在蔗地有机质、PH值提升,糖料蔗农艺、经济性状等方面均表现良好;因此,在保证有经济收益前提下,按照有机肥价格1000 yuan/t,常规施肥+钙镁硅土壤调理剂2250 kg/hm<sup>2</sup>+有机肥0~2731.68kg/hm<sup>2</sup>或常规施肥+虾肽土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>+有机肥0~1730.39kg/hm<sup>2</sup>,适宜该蔗地土壤改良,建议我国南方类似地区参考应用。

**关键词** 土壤改良;糖料蔗;土壤酸化;蔗糖分;经济效益

中图分类号 S156.2

文献标识码 A

## Study on effects of different soil improvement treatments on the field effect, agronomy and economic benefit of sugarcane

FENG Xujuan<sup>1)</sup> JING Fulin<sup>1\*)</sup> LIANG Ming<sup>1)</sup> WU Ren<sup>1)</sup> WANG Wei<sup>1)</sup>

ZHANG Manqi<sup>1)</sup> LIU Jianrong<sup>1)</sup> LIU Weiqing<sup>1)</sup>

1.Guangdong Zhanjiang State Farms Research Institute, Zhanjiang, Guangdong 524000, China)

**Abstract** Sugarcane is the main cash crop in Leizhou Peninsula of Guangdong province and an important economic source of agricultural reclamation in Guangdong province. With the continuous cropping of sugarcane and unreasonable fertilization methods, the soil organic matter content was low and acidified gradually, resulting in the low yield and sugar content of sugarcane. Therefore, in order to solve the problems of soil acidification, low organic matter and low sucrose content of sugarcane, it is very important to find an effective formula to improve soil and increase sucrose content of sugarcane in Leizhou Peninsula of Guangdong province. In this paper, six different soil improvement formulas were set: Conventional fertilization control, conventional fertilization + shrimp peptide soil conditioner 3000 kg/hm<sup>2</sup>, conventional fertilization + shrimp peptide soil conditioner 3000 kg/hm<sup>2</sup>+ organic fertilizer 3000 kg/hm<sup>2</sup>, conventional fertilization + Jiantubao soil conditioner 2250 kg/hm<sup>2</sup>, conventional fertilization + calcium-magnesium and silicon fertilizer soil conditioner 2250 kg/hm<sup>2</sup>, calcium-magnesium and phosphate fertilizer soil conditioner 3000 kg/hm<sup>2</sup> and other nutrients to replace conventional fertilization of calcium superphosphate, Sugarcane special organic formula fertilizer 3000

收稿日期

修回日期

资助项目 广东农垦集团基金项目:蔗区土壤改良技术研究。

作者简介 冯学娟(1971—),女,农艺师,研究方向:土壤与肥料研究。通讯作者(Corresponding author):经福林(JING Fulin),E-mail:

1004596264@qq.com。

kg/hm<sup>2</sup>, were improved the soil of sugarcane field and analyzed sugarcane nutrient, PH value, agronomic and economic characters of sugarcane. The results showed: Both conventional fertilization + calcium-magnesium and silicon fertilizer soil conditioner 2250 kg/hm<sup>2</sup> and conventional fertilization + shrimp peptide soil conditioner 3000 kg/hm<sup>2</sup> could effectively increase soil PH value by 1.06 and 1.42, and increase the sugar yield by 0.74t/hm<sup>2</sup> and 0.86t/hm<sup>2</sup>, and increased the economic income by 2731.68yuan/hm<sup>2</sup> and 1730.39yuan/hm<sup>2</sup>, while soil improvement other formulas increased the input cost. However, conventional fertilization + shrimp peptide soil conditioner 3000 kg/hm<sup>2</sup>+ organic fertilizer 3000 kg/hm<sup>2</sup> increased the cost of sugarcane (-85.05 yuan/hm<sup>2</sup>), and effectively improved the organic matter, PH value, agronomy and economic traits of sugarcane. Therefore, on the premise of ensuring economic benefits, according to the price of organic fertilizer 1000 yuan/t, Conventional fertilization +calcium-magnesium and silicon fertilizer soil conditioner 2250 kg/hm<sup>2</sup>+ organic fertilizer 0 ~ 2731.68kg/hm<sup>2</sup> or conventional fertilization + shrimp protein soil conditioner 3000 kg/hm<sup>2</sup>+ organic fertilizer 0 ~ 1730.39kg/hm<sup>2</sup> were suitable for the soil improvement of this sugarcane land, and is suggested to be used for a reference in similar areas in southern China.

**Keywords** Soil improvement; Sugarcane; Soil acidification; Sucrose content; Economic benefits

随着国家继续加大支农投入, 开展化肥减量增效示范, 强调在耕地酸化、盐碱化较严重区域, 集成推广施用土壤调理剂、绿肥还田、耕作压盐、增施有机肥等措施<sup>[1]</sup>, 而广东雷州半岛蔗区是我国糖料甘蔗3大优势生产区域之一<sup>[2]</sup>, 是湛江垦区的支柱产业, 也是广东农垦的重要经济来源, 该蔗区虽然具有甘蔗生长得天独厚优越的热带亚热带气候条件和土地资源, 但由于土壤主要为红壤和砖红壤, 加上多年采用单一作物连作和不合理的施肥模式, 逐渐造成蔗区土壤养分被大量消耗或聚集而失衡, 土壤中钾离子、钙离子、镁离子大量淋溶流失而酸化, 土壤有机质含量剧减而土壤团粒结构遭受破坏, 土壤微生物的活动受抑制, 最终导致蔗区土壤pH值和有机质含量过低, 在一定程度上降低了糖料蔗产量及糖分, 使蔗区未能取得应有的经济效益<sup>[3,4]</sup>。因此, 为解决蔗地土壤酸化, 有机质低及糖料蔗糖分低等问题, 找出一种合理改良土壤, 增加糖料蔗糖分的施肥配方, 对广东雷州半岛蔗区健康发展至关重要。对此, 有林海荣通过施用有机肥部分替代化肥, 以改良和培肥土壤, 通过连续3年的试验发现, 配施生物有机肥+化肥可使甘蔗增产18%, 而且施用生物有机肥后甘蔗对氮、磷、钾吸收利用更充分<sup>[5]</sup>。卢国培等通过采取深耕粉垄、施用有机肥、增加土壤微生物等土壤改良技术, 为甘蔗生长提供了良好的土壤环境, 促进甘蔗增产增糖<sup>[6]</sup>, 胡宝期等在土壤有效Ca、Mg、B 养分缺乏的酸性田上种植甘蔗, 以常规施肥为基础, 配施有机钙镁硼肥能较好地满足甘蔗对养分的需求, 协调甘蔗需肥与供肥之间的矛盾, 有利于促进甘蔗生长发育和产量构成因素的良好形成, 为高产高糖奠定基础<sup>[7]</sup>。王亚彪等针对华南酸性红壤蔗区甘蔗生产的土壤限制因子, 发现适量增施石灰、钙镁磷肥及有机肥, 可提高土壤pH, 增加甘蔗收益<sup>[3]</sup>。牙翠莲通过分析湛江农垦蔗田土壤肥力变化, 分析了国内外甘蔗地土壤改良技术有测土配方施肥、免耕及深耕深松、套种豆科植物、蔗叶还田等, 并采用施石灰、蔗叶还田+施石灰, 增施有机肥、钙镁磷肥替代过磷酸钙对蔗区土壤进行改良, 取得了一定成效<sup>[8]</sup>。但是没有全面系统的分析改良蔗地土壤养分、PH值变化, 糖料蔗农艺、经济性状和糖料蔗收益三者关系, 提出行之有效的改良蔗区土壤酸化、有机质含量低, 提高糖料蔗糖分和产量的施肥配方, 而本文通过设置6种不同易实施的土壤改良配方, 对蔗地进行土壤改良, 并从蔗地养分、PH值变化, 糖料蔗农艺、经济性状及经济收益分析, 以期在保障经济收益的前提下, 找到一种既能解决蔗区土壤酸化、有机质含量低问题, 又能提高糖料蔗糖分和产量及易实施的配方, 为垦区糖料蔗产业持续健康发展提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试甘蔗品种: 桂糖 42号; 供试土壤调理剂: 虾肽土壤调理剂[氧化镁13% (MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O含量为9%), 有机硅7%, 硼0.1%, 碱性氨基酸10%, 水分≤15%, Ph值11.2], 湛江市博泰生物化工科技实业有限公司生产; 兰王牌有机肥 (有机质≥45%, 氮磷钾: 5-5-5, 水分≤20%), 广东添施德宝生态肥有限公司生产; 健土宝土壤调理剂 (有机质≥25%, 腐植酸≥15%, Ph值10.9, CaO+MgO+SiO<sub>2</sub>≥15%), 海南热农橡胶科技服务中心和中国热带农业科学院橡胶所联合出品; 钙镁硅土壤调理剂 (MgO≥17% , CaO≥34% , Si≥5% , Ph 值11.4),

广东高校环境友好型肥料工程技术研究中心研制；钙镁磷土壤调理剂（ $P_2O_5 \geq 4\%$ ， $MgO \geq 5\%$ ， $CaO \geq 20\%$ ， $Ph$ 值10.5），广东大众农业科技股份有限公司生产；甘蔗专用有机配方肥（A：有机质 $\geq 25\%$ ，氮磷钾：7-13-5，水分 $\leq 20\%$ ， $PH$ 值7.16；B：有机质 $\geq 25\%$ ，氮磷钾：8-5-12，水分 $\leq 20\%$ ， $PH$ 值6.35）；尿素（ $N \geq 46\%$ ），广东省丰收糖业发展有限公司复肥厂生产；农用硫酸钾（ $K_2O \geq 50\%$ ）；复合肥（ $N:P:K=15:15:15$ ，总养分 $\geq 45\%$ ）；蔗伴礼（总有效成分 $\geq 1\%$ ，吡虫林 $\geq 0.1\%$ ，杀虫单 $\geq 0.9\%$ ）；农药[农博士根连根颗粒剂（总有效成分 $\geq 2\%$ ，噻虫嗪 $\geq 1.5\%$ ，氟氯氰菊酯 $\geq 0.5\%$ ）]。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 试验地概况

试验地设在广东省湛江农垦科学研究所基地，地处南亚热带雷州半岛北部，海洋性季风气候，常年高温，年平均气温 $23.2^{\circ}C$ ，终年无雪，年均降水量为1 417~1 802 mm，年日照时长为1 864~2160 h，试验面积0.4 hm<sup>2</sup>，土壤有机质含量23.94g/kg，处于中水平；全氮含量1.01g/kg，处于中水平；碱解氮含量109.39mg/kg，处于中上水平；速效磷含量44.95mg/kg，处于高水平；速效钾含量105.34mg/kg，处于中水平；有效镁含量41.56mg/kg，处于低水平；土壤类型为砖红壤，旱坡地，土壤 $PH$ 值为4.47，呈酸性；地势平整，水利设施完善，前茬作物为糖料蔗。

### 1.2.2 试验方法及田间设置

采用随机区组设计，处理之间设有保护行，3次重复，施用肥料配方设计见表1，小区面积54 m<sup>2</sup>。试验地糖料蔗为新植蔗，采样夏繁全茎蔗种，2020年1月份种植，行距1 m，2021年1月砍收。

### 1.2.3 试验经过及田间管理

对照CK：采用本地区常规田管施肥方法；F1~F4：在常规田管施肥基础上增施土壤调理剂，F5：采用钙镁磷土壤调理剂代替常规田管施肥（CK）中的过磷酸钙；F6：采用甘蔗专用有机配方肥替代常规田管肥料（CK）；所有处理（F1~F6）和对照（CK）均分两次施肥：第一次施基肥，在种植时施下，第二次追肥，在伸长初期培土施下。田间防虫除草管理相同。

表 1 各处理施用肥料配方设计

Table 1 Fertilizer application formula design for each treatment

处理	基肥 Base fertilizer (kg/hm <sup>2</sup> )										追肥 Additional fertilizer (kg/hm <sup>2</sup> )			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I <sub>A</sub>	J	K	C	M	I <sub>B</sub>
CK	750	750	375	—	—	—	—	—	—	—	375	375	375	—
F1	750	750	375	3000	—	—	—	—	—	—	375	375	375	—
F2	750	750	375	3000	3000	—	—	—	—	—	375	375	375	—
F3	750	750	375	—	—	2250	—	—	—	—	375	375	375	—
F4	750	750	375	—	—	—	2250	—	—	—	375	375	375	—
F5	—	750	375	—	—	—	—	750	—	—	375	375	375	—
F6	—	—	—	—	—	—	—	—	3000	30	—	—	—	3000

注：A：过磷酸钙，B：蔗伴礼，C：复合肥，D：虾肽土壤调理剂，E：兰王牌有机肥，F：健土宝土壤调理剂，G：钙镁硅土壤调理剂，H：钙镁磷土壤调理剂，I<sub>A</sub>：甘蔗专用有机配方肥 A，J：农药，K：尿素，L：硫酸钾，I<sub>B</sub>：甘蔗专用有机配方肥 B。

Note: A: superphosphate, B: zhebanli, C: compound fertilizer, D: shrimp peptide soil conditioner, E: Orchid ace organic fertilizer, F: Jiantubao soil conditioner, G: calcium, magnesium and silicon soil conditioner, H: calcium, magnesium and phosphorus soil conditioner, IA: sugarcane special organic formula fertilizer A, J: pesticide, K: urea, L: potassium sulfate, IB: sugarcane special organic formula fertilizer B.

### 1.2.4 数据分析

蔗地土壤样品采集参照鲁如坤《土壤农化分析方法》<sup>[9]</sup>，糖料农艺性状的测定参照《中国甘蔗品种志》

[10], 采用五点取样法调查每个试验小区糖料蔗的生长状况、土壤情况, 每个样点取单行10 m内糖料蔗作为样方, 调查其农艺、经济性状。

①在土壤调理剂施放前5d、施放后30d、糖料蔗收获后5d三个时段采集蔗地土样。土壤有机质测定采用高温外热重络酸钾容量法, 全氮测定采用凯氏蒸馏法, 碱解氮测定采用减解扩散中和滴定法, 有效磷采用双酸浸提钼锑抗比色法, 速效钾测定采用乙酸交换1:10原子吸收分光光度法, PH值测定采用水(去CO<sub>2</sub>)浸提1:2.5点位法, 交换性镁采用乙酸铵交换(上清液)法。

②在苗期调查出苗率, 收获期调查株高、茎粗、茎重、有效茎、产量、蔗糖分。每个样点随机测量20条生长正常蔗茎的株高与重量并计算平均株高(cm)、蔗茎重(kg)和虫节率; 样方中所有株高超过1.0 m的糖料蔗除以样方面积(hm<sup>2</sup>)计算有效茎数(条/hm<sup>2</sup>); 蔗产量按实际收获统计; 从测蔗茎重的甘蔗中随机选取10株, 在每株上、中、下部3节(无虫口)榨取蔗茎汁, 采用二次旋光法与WZZ-ZSS自动旋光仪(上海精密科学仪器厂)测定蔗汁蔗糖含量; 各处理区所采集的数据取平均值。

③采用Microsoft Excel2007软件完成试验数据统计分析, 并用统计软件SAS 9.0 duncan新复极差法对调查结果平均值进行方差分析Fisher's-test (LSD)。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤养分及酸碱度

糖料蔗生长过程需要从土壤中吸收大量的养分, 由表2、3、4可知, 施放不同土壤调理剂的糖料蔗地在施放后30d土壤养分均减少, 土壤PH值均有提升; 在追肥直到糖料蔗收获后5d, 蔗地土壤有机质、全氮、碱解氮进一步减少, 但有效磷和速效钾得到补充, 明显已经提升, 而土壤PH值也有不同程度提升。如表3, 有机质含量方面, 各处理实施后都有减少, 施放后30d, F1、F3、F4、F5处理的糖料蔗地与CK比较, 有机质减少更多, 其中减少最多的为F1, 减少了2.06g/kg; 而如表4, 收获后5d, 除F5(-2.71 g/kg)比CK(-2.57 g/kg)减少多外, 其它处理均比CK减少更少, 而减少最少的是F2(-1.76 g/kg), 其次是F6(-2.01 g/kg)。全氮含量方面, 各处理实施后都有减少, 与CK比较, 有多有少, 其中F6在施放后30d, 减少较多, 而收获后5d有所上升。碱解氮含量方面, 土壤调理剂施放后30d, F1、F2、F3、F5、F6处理的糖料蔗地与CK比较, 碱解氮减少更多, 其中减少最多的为F1, 减少了8.59 mg/kg; 而收获后5d, F3、F5、F6比CK减少更少, 其它处理均比CK减少更多。有效磷含量方面, 施放后30d土壤有效磷含量均减少, 但在追肥直到糖料蔗收获后5d, 除了F6外, 蔗地土壤有效磷得到补充, 明显已经提升, 其中F2提升最高, 提升了14.68 mg/kg。速效钾含量方面, 施放后30d均减少, 但在追肥直到糖料蔗收获后5d, 蔗地土壤速效钾得到补充, 明显已经提升, 但提升最高的是CK, 提升了40.28 mg/kg。施放后30d, 土壤PH值都有提升, 提升的顺序为F3>F1>F2>F4>CK>F6>F5, 而F3土壤PH值提升了0.71, 糖料蔗收获后5d, 土壤PH值也都有提升, 提升的顺序为F1>F2>F4>F3>F6>CK>F5, 而F1土壤PH值提升了1.42。

表2 施放土壤调理剂前5d土壤养分与PH值

Table 2 Soil nutrients and PH value 5 days before soil conditioner application

处理 Treatment	有机质 The organic matter (g/kg)	全氮 Total nitrogen(g/kg)	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen (mg/kg)	有效磷 The effective phosphorus (mg/kg)	速效钾 rapidly available potassium (mg/kg)	Ph
CK	23.94	1.06	109.39	44.95	105.34	4.47
F1	23.65	1.08	109.76	41.15	101.59	4.41
F2	23.74	1.04	115.34	43.91	103.01	4.53
F3	23.56	1.09	108.19	59.07	102.62	4.46
F4	23.92	1.06	111.13	62.23	101.29	4.44
F5	23.56	1.07	109.66	57.5	90.12	4.53
F6	23.09	1.04	107.15	71.39	101.21	4.5

表 3 施放土壤调理剂后 30d 土壤养分、PH 值与施放前比较

Table 3 Comparison of soil nutrients and PH values 30 days after soil conditioner application with those before application

处理 Treatment	有机质 The organic matter (g/kg)	全氮 Total nitrogen(g/kg)	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen (mg/kg)	有效磷 The effective phosphorus (mg/kg)	速效钾 rapidly available potassium (mg/kg)	Ph
CK	-1.82	-0.01	-5.42	-0.65	-26.41	0.11
F1	-2.06	-0.08	-8.59	-0.21	-30.12	0.38
F2	-1.48	-0.02	-7.81	-0.62	-17.65	0.24
F3	-1.83	-0.02	-5.85	-1.1	-26.71	0.71
F4	-1.87	-0.01	-3.27	-0.72	-13.18	0.13
F5	-2.33	-0.01	-7.93	-2.32	-19.68	0.02
F6	-1.36	-0.04	-8.4	-16.16	-23.81	0.09

表 4 糖料蔗收获后 5d 蔗地土壤养分、PH 值与施放前比较

Table 4 Comparison of soil nutrients and PH value of sugarcane 5 days after harvest with that before planting

处理 Treatment	有机质 The organic matter (g/kg)	全氮 Total nitrogen(g/kg)	碱解氮 Alkaline hydrolysis nitrogen (mg/kg)	有效磷 The effective phosphorus (mg/kg)	速效钾 rapidly available potassium (mg/kg)	Ph
CK	-2.57	-0.08	-14.29	5	40.28	0.02
F1	-2.46	-0.12	-16.02	7.58	10.29	1.42
F2	-1.76	-0.09	-17.71	14.68	16.52	1.18
F3	-2.52	-0.07	-12.01	11.73	35.68	0.66
F4	-2.35	-0.04	-16.89	10.06	5.29	1.06
F5	-2.71	-0.09	-8.16	9.63	23.05	0.01
F6	-2.01	-0.1	-12.93	-16.82	7.85	0.04

## 2.2 糖料蔗农艺、经济性状与虫害情况

### 2.2.1 糖料蔗农艺性状

由表5可知, 各处理对糖料蔗出苗率的影响差异不明显, 出苗率最高的为F1, 出苗率为86.34%, 最低的为F6, 出苗率为85.62%。各处理对糖料蔗的茎粗存在明显差异, F6、F2显著大于CK、F3、F4、F5, 但之间不存在明显差异; F1与F6、F2、F4没有显著差异, 但与CK、F3、F5存在明显差异; F4与F3、F5没有显著差异, 与CK存在显著差异; F3、F5、CK之间不存在明显差异。在糖料蔗株高方面, F2显著高于CK、F3、F4、F5、F6, 与F1不存在显著差异; F1显著高于CK、F3、F4、F5, 与F6不存在显著差异; F6与CK、F3、F4不存在显著差异, 但显著高于F5; CK、F3、F4、F5之间不存在明显差异。糖料蔗CK、F1、F2、F3、F4、F5有效茎显著高于F6, 但它们之间不存在明显差异。

表 5 糖料蔗农艺性状

Table 5 Agronomic characters of sugarcane

处理 Treatment	出苗率 Seedling emergence (%)	茎粗 Thick stems (mm)	株高 Plant height (cm)	有效茎 Effective stem (stem/hm <sup>2</sup> )
CK	86.12±2.31a	25.35±0.15cd	329.39±2.51cd	83671±2459a
F1	86.34±2.58a	25.56±0.17ab	332.94±3.12ab	84634±2612a

F2	86.07±2.56a	25.58±0.21a	334.06±2.81a	85004±2732a
F3	86.23±2.47a	25.38±0.20c	329.53±3.24cd	84171±3001a
F4	85.85±2.12a	25.46±0.19bc	329.61±2.17cd	84319±2454a
F5	85.92±1.93a	25.37±0.18c	328.83±2.72d	84449±2159a
F6	85.62±2.05a	25.60±0.22a	331.17±2.26bc	78245±2825b

注：同列数字后的不同字母表示处理间差异显著性( $p < 0.05$ , LSD)。

Note Different letters after numbers in the same column indicate significant difference between treatments ( $P < 0.05$ , LSD).

### 2.3.2 糖料蔗经济性状与虫害情况

由表6可知, 在单茎重方面, F1、F2、F6显著大于CK、F3、F4、F5, 但之间不存在显著差异, 同时CK、F3、F4、F5之间也不存在明显差异。各处理对糖料蔗产量的影响明显差异, 表现在F1、F2显著高于CK、F6, 但彼此不存在明显差异; F3、F4、F5与CK没有显著差异, 但显著高于F6; CK与F6没有明显差异。各处理糖料蔗糖分也存在明显差异, F2、F4显著高于CK、F3、F5、F6, 之间不存在明显差异; F1显著高于CK、F5、F6, 但与F3没有显著差异; CK、F3、F5、F6彼此之间不存在显著差异。在虫节率方面, CK、F1~F5均显著低于F6。

表 6 糖料蔗经济性状及虫害情况

Table 6 Economic characters and insect pests of sugarcane

处理 Treatment	单茎重 Single stem weight (kg)	蔗产量 Sugarcane production (t/hm <sup>2</sup> )	蔗糖分 Sugar content (%)	虫节率 Worm section rate (%)
CK	1.71±0.06b	113.10±1.46cb	15.58±0.25c	6.61±3.79b
F1	1.78±0.11a	116.30±1.51a	15.89±0.21ab	5.82±2.91b
F2	1.81±0.07a	116.41±1.47a	16.06±0.28a	5.77±2.45b
F3	1.72±0.06b	114.25±1.39ab	15.68±0.22bc	8.11±3.12b
F4	1.73±0.09b	114.62±1.48ab	16.02±0.30a	7.97±3.59b
F5	1.73±0.10b	114.05±1.56ab	15.49±0.25c	8.05±2.93b
F6	1.79±0.07a	111.75±1.57c	15.46±0.23c	14.39±3.78a

注：同列数字后的不同字母表示处理间差异显著性( $p < 0.05$ , LSD)。

Note Different letters after numbers in the same column indicate significant difference between treatments ( $P < 0.05$ , LSD).

### 2.3 糖料蔗经济效益

由表7可知, 6个处理糖料蔗成本与对照(CK)比较, 依次为处理F3>F2>F1=F5>F6>F4>CK, 增加成本最高为处理F3(6300元/hm<sup>2</sup>); 通过糖料蔗产量乘以糖分, 计算出来的平均产糖量可知, 平均产糖量最高的是F2, 平均产糖量为18.70 t/hm<sup>2</sup>, 其它依次为F2>F1>F4>F3>F5>CK>F6; 与对照(CK)比较, 各处理增加产糖量依次为F2>F1>F4>F3>F5>F6, 平均增加收入也是如此, 但是扣除增加的成本后增加收入最多为F4(2731.68yuan/hm<sup>2</sup>), 其次是F1(1730.39yuan/hm<sup>2</sup>), 其它的收入都为负数, 其中负最多的为F3(-4680.80yuan/hm<sup>2</sup>), 而F6为-4435.22 yuan/hm<sup>2</sup>、F5为-2745.10yuan/hm<sup>2</sup>、F2为-85.05 t/hm<sup>2</sup>。

表 7 糖料蔗经济效益分析

Table 7 Economic benefit analysis of sugarcane

处理 Treatment	比 CK 增加成本数 Increase the cost than CK (yuan/hm <sup>2</sup> )	平均产糖量 Average sugar yield (t/hm <sup>2</sup> )	比 CK 增加产糖量 Increased sugar production than CK (t/hm <sup>2</sup> )	平均增加收入 Average increased income (t/hm <sup>2</sup> )	扣除增加成本后增加收入 Increase income after deducting cost increase (t/hm <sup>2</sup> )
CK	—	17.62	—	—	—

F1	3000	18.48	0.86	4730.39	1730.39
F2	6000	18.70	1.08	5914.95	-85.05
F3	6300	17.91	0.29	1619.20	-4680.80
F4	1350	18.36	0.74	4081.68	2731.68
F5	3000	17.67	0.05	254.90	-2745.10
F6	2546	17.28	-0.34	-1888.97	-4435.22

注：过磷酸钙：870 元/吨；云天化复合肥：2520 元/吨；蔗伴礼基肥：3950 元/吨；蔗伴礼追施：4300 元/吨；尿素：2200 元/吨；硫酸钾：2050 元/吨；虾肽土壤调理剂：1000 元/吨；兰王有机肥：1000 元/吨；健土宝：2800 元/吨；田博士钙镁磷土壤调理剂：1000 元/吨；钙镁硅肥土壤调理剂：600 元/吨；甘蔗专用有机配方肥：1450 元/吨；农药根连根：63 元/瓶·2kg。白糖市场价按 5500 元/吨。

Note : Calcium superphosphate : 870 yuan / ton ; yuntian chemical compound fertilizer : 2520 yuan / ton ; zhebanli base fertilizer : 3950 yuan / ton ; zhebanli Additional fertilizer : 4300 yuan / ton ; urea : 2200 yuan / ton ; potassium sulfate : 2050 yuan / ton ; shrimp peptide soil conditioner : 1000 yuan / ton ; organic fertilizer : 1000 yuan / ton ; jiantubao : 2800 yuan / ton ; dr. Tian calcium magnesium phosphorus soil conditioner : 1000 yuan / ton ; calcium magnesium silicon fertilizer soil conditioner : 600 yuan / ton ; organic fertilizer for sugarcane : 1450 yuan / ton ; pesticide root : 63 yuan / bottle · 2kg. The market price of sugar is 5500 yuan / ton.

### 3 讨论

本文通过使用不同土壤调理剂对糖料蔗地进行土壤改良，结果发现在补充土壤有机质，减少糖料蔗对土壤有机质的消耗方面，施放有机肥料效果更好，这和陈迪文<sup>[11]</sup>、刘鲁峰<sup>[12]</sup>等研究一致，如处理F2和F6中有有机肥，比其他处理糖料蔗地土壤有机质减少更少。在提高土壤PH值方面，有机肥虽然也能提高，效果相对于F1、F3、F4土壤调理剂还是较差，而提高土壤PH值最好的是F1，施放后土壤PH值提高了1.42，其次是F4（1.06），再次是F3（0.66）。

韦业建通过配施不同水平有机活性钙镁硅肥，发现其能有效提高甘蔗产量、糖分、产糖量<sup>[13]</sup>，而本文使用的土壤调理剂主要含钙、镁、硅等中微量元素，它们对糖料蔗地进行土壤改良，结果发现F1、F2处理的糖料蔗茎粗、株高、有效茎、单茎重、总产量、糖分显著高于对照（CK），其次表现较好的是F4，特别是糖分方面显著高于对照、F5、F6；而F6施用甘蔗专用有机配方肥在茎粗、株高、单茎重方面显著高于对照，但是有效茎显著低于对照，因此产量低，糖分也低于对照。

本文通过使用不同土壤调理剂对糖料蔗地进行土壤改良，通过产量和糖分上的表现，最终按5500元/吨糖价计算，只有F1和F4相比对照是增加了收入，分别增加了1730.39元/hm<sup>2</sup>和2731.68元/hm<sup>2</sup>，并且有机质也比对照降低少，土壤PH值得到显著提升。F2是在F1的基础上增施有机肥，虽然在糖料蔗茎粗、株高、有效茎、单茎重、总产量、糖分等农艺、经济性状表现良好，土壤有机质、PH值改良方面优异，但是由于增加了有机肥，而导致成本增加，在扣除成本后，没有产生收益，因此相比对照反而增加成本1075.05元/hm<sup>2</sup>。

通过不同土壤调理剂对糖料蔗地养分、PH值，糖料蔗农艺、经济性状的影响，分析发现：土壤PH值高有利于糖分的提高，而糖分高的处理蔗地在施放相同钾肥条件下，速效钾相对其他处理保持的水平较低，这可能是PH的提高有利于糖料蔗对钾的吸收，糖的积累，这和土壤调理剂含有镁元素是否相关，如黄莹等关于钾镁水平对甘蔗主要矿质营养吸收和分配的研究<sup>[14]</sup>，不过这还待于进一步研究。在分析蔗地土壤养分时，糖料蔗收获后土壤有机质、全氮、碱解氮相对施肥前整体都是下降的，说明蔗地有机质、氮肥是补充不足。

在酸性红壤旱坡地，随着甘蔗的连作及大量使用化学肥料，导致大部分土壤有机质下降，PH值低下，在一定程度上降低了糖料蔗产量及糖分，本文通过在常规施肥基础上，增施不同土壤调理剂，或直接施放专用有机配方肥，对蔗地进行土壤改良，结果表明：常规施肥+钙镁硅肥土壤调理剂2250 kg/hm<sup>2</sup>和常规施肥+虾肽土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>均能有效提高土壤PH值1.06和1.42，提高产糖量0.74t/hm<sup>2</sup>和0.86t/hm<sup>2</sup>，增加经济收入2731.68yuan/hm<sup>2</sup>和1730.39yuan/hm<sup>2</sup>。但鉴于常规施肥+虾肽土壤调理剂3000 kg/hm<sup>2</sup>+兰王牌有机肥3000 kg/hm<sup>2</sup>，除增加成本略高外，在蔗地有机质、PH值提升，糖料蔗农艺、经济性状等方面均表现良好。因此，在保证经济收益前提下，按照有机肥价格1000 yuan/t，常规施肥+钙镁硅土壤调理剂2250 kg/hm<sup>2</sup>+有

机肥 $0\sim 2236.68\text{ kg/hm}^2$ 或常规施肥+虾肽土壤调理剂 $3000\text{ kg/hm}^2$ +有机肥  $0\sim 1235.39\text{ kg/hm}^2$ ，适宜该蔗地土壤改良，建议我国南方类似地区参考应用。

#### 参考文献

- [1] 农业农村部 财政部发布 2020 年重点强农惠农政策[J].云南农业,2020(08)
- [2] 广东省统计局. 广东统计年鉴 2015 [EB/OL].(2015-09-18)[2016-06-01]. <http://www.gdstats.gov.cn/tjnj/2015/directory.html>.
- [5]
- [3]王亚彪,黄振瑞,江永,等.有机肥、硫酸镁、钙镁磷及石灰在酸性红壤蔗区的施用效应[J].甘蔗糖业,2016(3):10-13.
- [4] 郑超,李奇伟,黄振瑞,等.磷镁营养互作对甘蔗生长状况的影响[J].中国糖料,2011 (4) :11-17.
- [5] 林海荣.我国甘蔗生产施肥现状及提高肥料利用率的对策[J].南方农业,2017,11(12):117-118.
- [6] 卢国培,覃晓远,曹小琼,等.蔗地土壤改良对甘蔗生长的研究初探[J].甘蔗糖业,2021,50(3):16-20.
- [7] 胡宝期,王家焕,付鑫锋,等.有机钙镁硼肥对酸性田甘蔗的效应[J].中国糖料,2017,39(5):15-17.
- [8] 牙翠莲.湛江农垦蔗田土壤肥力变化及改良对策[C].南宁:广西大学,2014
- [9] 鲁如坤.土壤农化分析方法 [M].北京:中国农业出版社,2000:14-21.
- [10] 邓重焘.中国甘蔗品种志[M].广州:广东科技出版社,1991:115-117.
- [11] 陈迪文,卢颖林,江永,等.功能性生物有机肥在甘蔗生产上的应用[J].甘蔗糖业,2012(4):23-26.
- [12] 刘鲁峰,狄义宁,谢林艳,等.不同肥料处理对甘蔗产量性状、糖分及效益的影响[J].中国农学通报,2020,36(19):25-31.
- [13] 韦业建,廖日艳,黄霞,等.有机活性钙镁硅肥对甘蔗产质量及效益的影响[J].中国糖料,2017,39(6):40-42.
- [14] 黄莹,周文灵,陈迪文,等.钾镁水平对甘蔗主要矿质营养吸收和分配的影响[J].南方农业学报,2019,50(8):1695-1700.



# 甘蔗化肥农药减施增效技术试验示范报告

鲁胜德<sup>1</sup>、黄香武<sup>2</sup>、李海忠<sup>1</sup>、杨运萍<sup>1</sup>、文尚华<sup>2</sup>、王兴全<sup>1</sup>、骆争明<sup>2</sup>、  
郑志坤<sup>1</sup>、陈梅珠<sup>1</sup>、姚贵中<sup>1</sup>、蔡健<sup>1</sup>

1 广东省广前糖业发展有限公司，广东遂溪 524300

2 广东省湛江农垦集团有限公司，广东湛江 524022

**摘要：**项目通过在湛江垦区的广前糖业公司建立甘蔗化肥农药减施增效技术核心技术集成示范基地200亩和甘蔗核心应用示范区1万亩。重点开展集成应用示范：甘蔗抗病品种和健康种苗、改进机耕设计、改良土壤物理性能、提高保水能力、秸秆生物处理与粉碎回田、增施有机肥、探索使用土壤调理改良剂、碱性生物肥料等，推广测土和营养诊断配方，研制应用专用生物有机或绿肥，实现平衡施肥和提高肥料利用率；推行甘蔗多年宿根制度，实施甘蔗与多种作物轮作制度，改善蔗田生态，减少病虫害发生；建立甘蔗主要病虫害监测与防控系统，利用繁放赤眼蜂生物防治甘蔗螟虫，应用植物源农药或生物农药或性信息剂替代化学农药，优化农药配方和剂型，摸索超高浓度低剂量无人机喷药技术，降低毒性和提高防治效果等技术措施，并累计在全垦区示范推广应用50多万亩次，取得了良好的减肥减药和增产增收效果。

**关键词：**甘蔗；减施化肥农药；增效技术；试验示范

The project will establish 200 mu of core technology integration demonstration base for fertilizer and pesticide reduction and efficiency enhancement technology on sugarcane, and 10,000 mu of core application demonstration area in Zhanjiang Reclamation Area Guangqian Sugar Company. Among them, The base has carried out 5 comprehensive measures to deal with comparative experiments and demonstrations. The test results show that: The chemical fertilizers and pesticides reduced application and increased efficiency integrated technology on sugarcane. Under the condition of equivalent unit area input, the application of the technology on sugarcane, the soil physical and chemical properties continue to be obtained.

从上个世纪80年代开始，化肥和农药的施用对甘蔗产量和糖分的大幅提高做出了巨大的贡献，然而由于长期不合理地使用化肥和农药，造成土地的严重污染和生态的严重破坏难以恢复，甘蔗生产的绿色可持续性难以得到保障，糖业的健康发展受到了严峻的考验。在湛江垦区的广前公司建立200亩试验区及1万亩的核心示范区实施国家重点研发计划项目的甘蔗化肥农药减施增效技术试验示范课题（简称甘蔗“双减”课题），旨在通过甘蔗良种良法、全程机械化、蔗叶回田技术、生物防治等先进成熟技术作为配套技术，通过核心示范区化肥和农药的使用量分别减少25%，实现平均总增产3%以上。针对甘蔗化肥农药过量使用和利用率低，高效技术应用推广滞后，农业环境有待改善和产品质量安全问题，通过建立甘蔗“双减”试验示范区，构建新型技术示范推广模式，组装集成试验示范减施增效技术，并形成技术体系及创新应用推广模式，实现关键技术的规模化高效应用和化肥农药利用率的显著提高和用量减少，以期达到保护环境、提高质量和增产增收的良好效果。

## 1.10000亩核心示范区与200亩试验示范区的设计方案

### 1.1 甘蔗化肥农药减施课题目标及主要集成应用技术措施

在湛江垦区的广前糖业公司建立甘蔗1万亩核心示范区，万亩甘蔗示范区化肥和农药年均每亩分别净减施18.4公斤和2.5公斤，减施率分别为32%和25%。拟在全垦区示范推广应用50万亩。

1.1.1 选择优良品种：选择发芽率高、分蘖能力强、中早熟、高产高糖、抗黑穗病、抗旱性好、宿根性好、适合机械化生产管理的优良品种，例如：桂糖49、粤糖00-236、桂糖08-120、粤糖61等。

1.1.2 科学平衡配方施肥：不同于常规模式施肥，在平衡氮磷钾肥的基础上配合生物肥、土壤调理剂、碱性肥，长效药肥等。减量模式下调整施肥结构，配以专用生物肥、土壤调理剂、缓释控释肥、有机肥、长效药肥等代替部分或大部分常规化肥。

1.1.3 螟虫绿色防控：以预防为主，综合防治。生物防治为主，化学防治为辅。通过性诱剂诱捕螟虫成虫、田间调查、模拟环境培养螟虫卵块实施预警监测，在螟虫产卵高峰期释放赤眼蜂和在田间布设具有释放螟虫性信息素的诱捕器防治螟虫。整个甘蔗生育期根据虫情释放4-5次。

1.1.4 甘蔗生产全程机械化：重耙-深松-旋耕，深松深度 $\geq 35\text{cm}$ ；撒石灰，在 pH 值低

备注：

资助项目 中央财政国家重点研发计划项目子课题（甘蔗化肥农药减施增效技术示范）。

作者简介 鲁胜德，男，汉族，农艺师，研究方向为农业生产技术管理与推广。E-mail: gqgskjb@163.com。

于 6.0 时，可利用撒施石灰机撒施石灰，建议撒施量 100kg/亩。在机械化种植环节，可以实现一次性完成开行、施肥、施药、切种、播种、覆土盖膜等作业环节。机械化田间管理包括培土施肥、机械化喷药除草，无人机喷药等。机械培土追肥可实现一次性旋耕除草、开沟、施肥培土等作业；根据预测预报情况，在虫害出现高期，进行 2-3 次机械喷药；机械化收获效率高是人工收获的 5 倍，从而降低了成本，较人工收获低 88 元/吨。但机械收获甘蔗质量和糖厂生产工艺预处理是制约机械化快速推进的瓶颈。

1.1.5 蔗叶回田：蔗叶中含有氮、磷、钾、镁、钙、硫等多种养分和有机质，及时进行蔗叶回田，一是可以有效改善土壤的团粒结构，提高土质疏松程度，改善土壤的保水、吸水、透气和保温等性能；二是可以提高土壤养分，改善土壤理化性状，培肥地力，为甘蔗的持续高产打下良好的基础。在机械化收获环节蔗叶蔗梢已经过收割机打碎，在新植蔗整地时经三铧犁翻入土壤中，在宿根蔗管理中开沟破垄以及小培土时翻入土壤中，回田的蔗叶经过微生物降解，释放出蔗叶的营养元素和有机质，提高了土壤肥力。

## 1.2 甘蔗化肥农药减施组合技术试验设计的具体内容

“双减”集成技术核心试验示范区共 200 亩，其中新植蔗试验示范区 100 亩，品种为台糖 61，按照表 1 中方案施肥；宿根蔗试验示范区 100 亩，品种为桂糖 49，按照表 2 中方案施肥；试验区是新植蔗，面积为 3.24 亩，品种为桂糖 49，按照表 3 中方案施肥。广前公司农科所经过室内药剂筛选试验，30%阿维·灭幼脲对赤眼蜂以及螟虫天敌的伤害较小。

核心示范区调查指标：亩有效茎数、病虫害抗性、糖分、产量。试验区调查指标：出苗数（发株数）、分蘖率、枯心苗率、亩有效茎数、株高、单茎重、糖分、产量、土壤状况分析。

## 1.2.1 新植蔗试验示范区试验设计

表 1 新植蔗试验示范区施肥方案

单位：千克/亩

类别	对照组	减施组 1	减施组 2	减施组 3	减施组 4
基肥、农药沟施	尿素 30 千克、过磷酸钙 150 千克、氯化钾 15 千克、30%甜歌药肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 50 千克、30%甜歌药肥 40 千克	虾肽肥 80 千克、好生根生物肥 80 千克、30%甜歌药肥 40 千克	丰收生物肥 100 千克、30%甜歌药肥 40 千克	30%甜歌药肥 80 千克
追肥	尿素 20 千克、氯化钾 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克
农药喷施	25%的杀虫双水剂 3 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维·灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维·灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维·灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维·灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次
成本合计（元/亩）	570	569	575	568	570

新植蔗试验示范区总面积为 100 亩，参试品种为台糖 61，设 5 个处理，每个处理面积约 20 亩。对照组为常规水平：基肥、沟施农药：尿素 30 千克、过磷酸钙 150 千克、氯化钾 15 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：尿素 20 千克、氯化钾 40 千克；农药喷施及田间管理：25%的杀虫双水剂 3 次、封闭除草 1 次。减施组 1 的施肥水平：基肥、农药沟施：48%俄罗斯复合肥 50 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 2：的施肥施药水平：基肥农药沟施：虾肽肥 80 千克、好生根生物肥 80 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 3：基肥、农药沟施：丰收生物肥 100 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 4：基肥、农药沟施：30%甜歌药肥 80 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。

### 1.2.2 宿根蔗试验示范区试验设计

表 2 宿根蔗示范区施肥方案

单位：千克/亩

类别	对照组	减施组 1	减施组 2	减施组 3	减施组 4
基肥、 农 药 沟 施	尿素 30 千克、过磷酸钙 150 千克、氯化钾 15 千克、30%甜歌药肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 50 千克、30%甜歌药肥 40 千克	虾肽肥 80 千克、好生根生物肥 80 千克、30%甜歌药肥 40 千克	丰收生物肥 100 千克、30%甜歌药肥 40 千克	30%甜歌药肥 80 千克
追肥	尿素 20 千克、氯化钾 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克
农 药 喷 施	25%的杀虫双水剂 3 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次
成 本 合 计 (元/ 亩)	570	569	575	568	570

宿根蔗示范区总面积为 100 亩，参试品种为台糖 49，设 5 个处理，每个处理面积约 20 亩。对照组为常规水平：基肥、沟施农药：尿素 30 千克、过磷酸钙 150 千克、氯化钾 15 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：尿素 20 千克、氯化钾 40 千克；农药喷施及田间管理：25%的杀虫双水剂 3 次、封闭除草 1 次。减施组 1 的施肥水平：基肥、农药沟施：48%俄罗斯复合肥 50 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 2：的施肥施药水平：基肥农药沟施：虾肽肥 80 千克、好生根生物肥 80 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 3：基肥、农药沟施：丰收生物肥 100 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 4：基肥、农药沟施：30%甜歌药肥 80 千克；追肥：48%俄罗斯

复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。

### 1.2.3 试验区试验设计

表 3 新植蔗试验区施肥方案

单位：千克/亩

类别	对照组	减施组 1	减施组 2	减施组 3	减施组 4
基肥、农药沟施	尿素 30 千克、过磷酸钙 150 千克、氯化钾 15 千克、克百威 15 千克	48%俄罗斯复合肥 50 千克、30%甜歌药肥 40 千克	虾肽肥 80 千克、好生根生物肥 80 千克、30%甜歌药肥 40 千克	丰收生物肥 100 千克、30%甜歌药肥 40 千克	30%甜歌药肥 80 千克
追肥	尿素 20 千克、氯化钾 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克	48%俄罗斯复合肥 40 千克
农药喷施	25%的杀虫双水剂 3 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次	甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次
成本合计（元/亩）	570	569	575	568	570

试验区总面积为 3.24 亩，参试品种为台糖 49，设 5 个处理，每个处理面积约 0.6 亩。对照组为常规水平：基肥、沟施农药：尿素 30 千克、过磷酸钙 150 千克、氯化钾 15 千克、克百威 15 千克；农药喷施及田间管理：25%的杀虫双水剂 3 次、封闭除草 1 次。减施组 1 的施肥水平：基肥、农药沟施：48%俄罗斯复合肥 50 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 2：的施肥施药水平：基肥农药沟施：虾肽肥 80 千克、好生根生物肥 80 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 3：基肥、农药沟施：丰收生物肥 100 千克、30%甜歌药肥 40 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。减施组 4：基肥、农药沟施：30%甜歌药肥 80 千克；追肥：48%俄罗斯复合肥 40 千克；农药喷施及田间管理：甘蔗生长前期喷施 30%阿维.灭幼脲 1 次，释放赤眼蜂 4 次、封闭除草 1 次。

### 1.3 赤眼蜂防治甘蔗螟虫主要技术内容

在减施同时，结合广前公司农科所赤眼蜂防治甘蔗螟虫技术促进甘蔗生产，其优势是不污染环境，不破坏生态平衡，可以保护自然界多种害虫天敌，节省农药，避免害虫产生抗药性。花人工、成本少和虫害少。利用螟黄赤眼蜂防治一亩一年费用为 16 元(按一次一亩地蜂卡为 3 元，人工费一天为 40 元，一个人一天放蜂 200 亩，一亩地一次花 3.2 元，一年放蜂 5 次)；而使用化学农药防治一亩一年费用为 44 元(人工一天为 40 元，一个人天喷药 3 亩地，一亩地一次要花 22 元，一年要喷药 2 次)虫害少、蔗糖份提高。产蔗量增多、蔗糖份增多。因为螟黄赤眼蜂防治甘蔗螟虫，减少枯心苗，增加有效株数，使甘蔗的产量提高；减少虫节率，使甘蔗糖份提高。可以在田间再繁殖再寄生。

甘蔗螟虫的预测预报是提高防治效果的一个关键环节，这一环节对生物防治和化学防治都是极其重要。

只有了解螟虫的发生期态,才能做到有效防治。赤眼蜂是螟虫卵的寄生蜂,生命比较短暂,只有在螟卵盛发初期赤眼蜂才能发挥它的作用、节约成本。在放蜂前,要认真做好甘蔗螟虫的预测和甘蔗田间的虫情调查。

### 1.3.1 认真放置蜂卡。

①放蜂要求每亩放 1--2 个点。

②赤眼蜂田间放蜂标准:每亩放蜂 1~2 个点,要求放蜂点,苗期离地高度 50cm 以上,并且分布均匀,同时要用牙签别在蔗叶背面,严禁马路政策(只放地头)。

③田间放蜂点分布:要求从每块地的第十行开始放蜂,然后每隔 30 行再放一行,每行的第一个放蜂点应设在地头入 10 米,然后每隔 25—30 米再设一个点,每行甘蔗要求放 4—5 个点。

### 1.3.2 掌握天气预测情况,适时安排放蜂。

降雨对释放赤眼蜂有影响,暴风雨和连绵雨对放蜂后田间刚羽化的蜂影响最大。因此,在每批放蜂前,一定要从气象台了解 10 天内的天气变化情况,尽量避免刚放蜂便遇上大暴雨或连续几天下雨。在甘蔗封行后雷阵雨的天气影响不大,最好是在晴天、有微风的天气放蜂。

## 1.4 试验中的药肥搭配使用设计内容

1.4.1 甜歌:30%甜歌是一种新型高效缓控释型的药肥,可以实现药和肥双缓控。在甘蔗生产上,使用甜歌药肥不仅可以减少常规化肥农药的施用量,还可以减少施肥施药的次数,从而节省了农资成本和人工成本。甜歌药肥安全高效低风险,对地上害虫和地下害虫都有较好的防治效果,其肥料成分使用有机与无机相结合,不仅可促进甘蔗生长又能调理土壤,连年施用还能延长宿根年限,还可以显著增加甘蔗的抗逆性,施用后根系发达,抗倒伏能力强,有效茎明显增多,可减少蔗种用量,糖份和产量都有显著提高。

在广前公司的双减试验中,每亩施用甜歌药肥 80 公斤作为底肥,在大培土追肥时是施用复合肥 40 公斤,在生长前期喷施一次杀虫剂,中后期放蜂 4 次,以降低螟虫危害。该组合在萌芽率、有效株数、株高等方面高于常规组合,苗期枯心率和成熟期虫节率低于常规组合。

1.4.2 虾肽肥:在广前公司的甘蔗双减试验中,虾肽肥的处理组合综合效果最好。每亩施用虾肽肥 80 公斤,好生根生物肥 80 公斤、30%甜歌 40 公斤作为底肥,培土时期追施 40 公斤的复合肥,在生长前期喷施一次杀虫剂,中后期放蜂 4 次,以降低螟虫危害。经调查,该组合在萌芽率、有效茎株数、株高、糖分、产量均高于常规组合。

## 2. 试验结果对比分析成效

### 2.1. 新植蔗试验示范区不同减施组合处理下甘蔗新植宿根产量表现

由表 4 可以看出,新植产量和宿根产量基本一致,说明减施处理对品种的宿根稳定性并无不良影响;从不同处理的平均值上来看,减施组的产量无论是新植还是宿根均超过对照组,说明减施组合中的新型化肥和农药的替代在一定程度上改善了甘蔗的生长环境,促进甘蔗增产。

表 4. 新植蔗试验示范区不同处理组机械化收获产量

项目	对照组 (吨/亩)	减施组 1 (吨/亩)	减施组 2 (吨/亩)	减施组 3 (吨/亩)	减施组 4 (吨/亩)
新植	5.13	5.32	5.56	5.47	5.39
宿根	5.21	5.36	5.48	5.50	5.33
平均值	5.17	5.34	5.52	5.49	5.36

### 2.2. 宿根蔗试验示范区不同减施组合处理下甘蔗一新一宿产量表现

由表 5 可以看出,宿根第二年产量略低于宿根第一年产量,没有明显下降,说明减施处理对品种的多年宿根稳定性并无不良影响;从不同处理的平均值上来看,减施组的产量无论是新植还是宿根均超过对照组,说明减施组合中的新型化肥和农药的替代在一定程度上改善了甘蔗的生长环境,促进甘蔗增产。

表 5. 宿根蔗示范区不同处理组机械化收获产量

项目	对照组 (吨/亩)	减施组 1 (吨/亩)	减施组 2 (吨/亩)	减施组 3 (吨/亩)	减施组 4 (吨/亩)
宿根第	5.56	5.62	5.96	5.87	5.69

一年					
宿根第二年	5.41	5.56	5.89	5.70	5.53
平均值	5.49	5.59	5.93	5.79	5.61

### 2.3.新植蔗试验区不同减施组合处理下甘蔗农艺表现

表 6.新植蔗试验区不同处理各农艺性状情况 (2019 年新植)

项目	对照组	减施组 1	减施组 2	减施组 3	减施组 4
萌芽率 (%)	59.20	70.46	65.06	66.08	70.70
分蘖率 (%)	100.80	112.01	122.64	117.53	105.68
株高 (cm)	2.85	2.99	3.01	3.05	2.90
生长速度 (cm/月)	39.12	37.78	41.00	41.00	40.00
茎径 (cm)	2.58	2.58	2.61	2.49	2.43
糖分 (%)	16.74	17.41	16.78	16.33	15.84
亩有效茎 (株/亩)	5121	5233	5431	5359	5206
产量 (吨/亩)	5.92	5.89	6.26	6.38	5.71

由表 6 可知,减施处理促进了新植甘蔗的萌芽和分蘖,具体表现为减施组的萌芽率增幅在 5.86%-11.50% 之间,分蘖率增幅在 4.88%-21.84%;减施处理提高了新植甘蔗的有效茎数量,具体表现在亩有效茎数提高幅度 85 株-238 株;减施组 2 和减施组 4 的产量分别高于对照组 0.34 吨/亩、0.46 吨/亩。减施处理对其他性状的无明显不良影响。

表 7.新植蔗试验区不同处理叶片养分指标情况 (2019 年新植)

项目	氮含量 (%)	磷含量 (%)	钾含量 (%)	钙含量 (%)	镁含量 (%)
减施组 1	1.23	0.13	1.18	0.2	0.05
减施组 2	1.41	0.15	1.31	0.24	0.07
减施组 3	1.32	0.14	1.09	0.29	0.07
减施组 4	1.35	0.15	1.24	0.27	0.07
对照组	1.3	0.13	1.35	0.18	0.07

表 7 数据显示,减施处理下的含氮量和含钙量高于对照,说明减施模式下甘蔗对养分的吸收转化率要高于对照模式,这可能是减施组合中的新型化肥和农药,改善土壤结构,促进甘蔗根系发育,进而提高了对养分的吸收和转化,具体机理还需要进一步的研究。

表 8.新植蔗试验区不同处理根际土壤成分指标情况 (2019 年新植)

项目	有机质 (g/kg)	pH 值	全氮 (g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
减施组 1	34.40	4.69	1.40	0.09	0.35	125.36	153.60	163.80
减施组 2	36.64	4.77	1.47	0.12	0.34	137.95	124.74	141.27
减施组 3	35.39	5.19	1.55	0.09	0.35	148.98	71.38	203.32
减施组 4	34.04	6.19	1.46	0.10	0.36	130.54	89.10	175.86
对照组	37.47	4.15	1.51	0.09	0.36	152.40	161.62	312.73

表 8 数据显示,减施处理下的 pH 值提高了 0.54~2.04,说明减施模式能够在一定程度上改良土壤,其他指标无明显规律。

由表 9 可知,减施处理促进了新植甘蔗的萌芽和分蘖,具体表现为减施组的宿根发株率增幅在 3.61%-6.85%之间,分蘖率增幅在 4.88%-21.84%;减施处理提高了新植甘蔗的有效茎数量,具体表现在亩有

效茎数提高幅度 85 株-238 株；减施组 2 和减施组 4 的产量分别高于对照组 0.34 吨/亩、0.46 吨/亩。减施处理对其他性状的无明显不良影响。

表 9. 新植蔗试验区不同处理各农艺性状情况 (2020 年宿根)

项目	对照组	减施组 1	减施组 2	减施组 3	减施组 4
宿根发株率 (%)	63.26	69.46	66.87	67.95	70.11
分蘖率 (%)	143.80	182.01	156.64	147.53	145.68
株高 (cm)	2.69	2.59	2.62	2.70	2.64
生长速度 (cm/月)	36.12	37.98	38.20	37.47	38.31
茎径 (cm)	2.48	2.57	2.53	2.47	2.49
糖分 (%)	15.74	16.41	16.89	16.21	15.73
亩有效茎 (株/亩)	4639	4914	5050	4798	4899
产量 (吨/亩)	5.62	5.79	6.11	5.87	5.77

表 10 数据显示, 减施处理下的氮含量、磷含量、钾含量和钙含量以及高于对照, 说明经历减施模式 1 年后, 甘蔗对养分的吸收转化率要高于对照模式, 这由于是减施组合中的新型化肥和农药, 改善土壤结构, 促进甘蔗根系发育, 进而提高了对养分的吸收和转化, 具体机理还需要进一步的研究。另外还说明了, 减施增效模式是一个长效机制, 不是一朝一夕之功。

表 10. 新植蔗试验区不同处理叶片养分指标情况 (2020 年宿根)

项目	氮含量 (%)	磷含量 (%)	钾含量 (%)	钙含量 (%)	镁含量 (%)
减施组 1	1.33	0.14	1.28	0.25	252.88
减施组 2	1.42	0.16	1.41	0.26	225.57
减施组 3	1.33	0.15	1.39	0.27	213.33
减施组 4	1.37	0.16	1.34	0.28	199.26
对照组	1.29	0.12	1.25	0.19	183.95

表 11. 新植蔗试验区不同处理根际土壤成分指标情况 (2020 年宿根)

项目	有机质 (g/kg)	pH 值	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
减施组 1	38.40	5.39	1.60	0.11	0.35	135.36	153.60	363.80
减施组 2	36.64	5.17	1.67	0.12	0.34	137.95	142.74	341.27
减施组 3	37.39	5.50	1.75	0.09	0.35	148.98	171.38	303.32
减施组 4	35.04	6.15	1.64	0.10	0.36	130.54	169.10	375.86
对照组	34.47	5.20	1.51	0.09	0.32	122.40	61.62	242.73

表 11 数据显示, 经过 1 年的减施模式, 减施处理下土壤成分相关指标均高于对照组, 说明减施模式能够在一定程度上改良土壤, 改变土壤结构, 改善甘蔗根际微环境, 有利于甘蔗更好的吸收和利用养分。

表 12 万亩核心区甘蔗减施增效情况

广东省广前糖业发展有限公司 (2018、2019、2020年) 职工化肥农药施用情况调查汇总表																															
年度	甘蔗面积(亩)			种植方法(亩)		种植行距(亩)			种植甘蔗品种(亩)			全年施用肥料情况(公斤)					全年施用农药情况(公斤)				生物防治及无人机飞防情况(亩)				收获情况(亩·吨)						
	新植蔗	宿根蔗	合计	人工种植	机械种植	1.0米	1.2米	1.4米+0.4米双行				尿素	钾肥	磷肥	复合肥	有机肥	农药名称	亩用量	亩用量	亩用量	总量	每公顷减施面积	全年减施次数	无人机飞防面积	机械收获面积	收获产量	人工收获面积	收获产量	甘蔗总产	平均亩产	
<b>群糖分公司</b>																															
2018年	1503.04	1378.21	2881.25	2881.25	0	2881.25	0	0	0	0	58	52	98	23	80	200	0	2.3	0.0	3.4	5.7	2484.35	3	0	0	0	2881.25	15886.1	15886.1	5.51	
2019年	1216.75	1599.3	2816.05	2286.05	530	2366.05	0	450	0	0	58	52	88	17	79	0	1.9	0.0	2.6	4.4	2279.65	3	0	450	2025	2366.05	14123.58	16148.58	5.74		
2020年	1189.58	1237.6	2427.18	1907.18	520	2316.18	0	111	0	0	52	44	95	17	72	0	3.8	0.0	2.4	6.2	1933.86	3	0	111	575	2316.18	13881.25	16456.25	6.78		
合计	3909.37	4215.11	8124.48	7074.48	1050	7563.48		561			56	50	93	19	77	100		2.6	0.0	2.8	5.4	6697.86	3	0	561	2600	7563.48	48990.93	48490.93	5.97	
<b>前进分公司</b>																															
2018年	1213	831	1844	1899	245	1999	0	245	426	716	190	39	38	49	23	43	8	0	5.2	0.0	0.4	5.6	1629	3		245	1186	1899	9822	10978	6.0
2019年	848	759	1587	1444	143	1444	0	143	390	840	189	35	31	43	19	41	6	0	3.9	0.0	0.0	3.9	1438	3		143	710	1444	9183	9883	6.2
2020年	740	878	1338	1309	29	1309	0	29	347	471	99	37	34	41	27	40	10	0	3.2	0.0	0.1	3.3	1187	3		29	180	1309	8831	8831	6.5
合计	2821	1948	4769	4352	417	4352	0	417	1163	1727	458	37	33	44	23	41	8	0	4.2	0.0	0.2	4.4	4252	3		417	2016	4352	27506	29822	6.2
<b>广前公司</b>																															
2018年	2716.04	2009.21	4725.25	4480.25	245	4480.25	0	245	426	716	190	48	44	73	23	61	208	0	3.7		3.8	7.5	4113.35	3	0	245	1156	4480.25	25708.1	26864.1	5.685223004
2019年	2064.73	2338.3	4403.05	3730.05	673	3810.05	0	593	390	840	169	46	42	66	18	60	6	0	2.9		2.6	5.3	3715.63	3	0	393	2735	3810.05	23276.58	26011.58	3.907627667
2020年	1949.58	1815.6	3765.18	3216.18	549	3625.18	0	140	347	471	99	45	39	67	22	56	10	0	3.5		2.5	6.0	3120.86	3	0	140	725	3625.18	24412.25	25137.25	6.676241242
合计	6730.37	6163.11	12893.48	11426.48	1467	11915.48	0	978	1163	1727	458	46	41	69	21	59	75	0	3.4		3.0	6.3	10949.86	3	0	978	4616	11915.48	73396.93	78012.93	6.050572072

表 12 说明, 经过两年多的减少化肥农药的使用, 总体的甘蔗成本有效降低, 且平均亩产在逐年增长, 说明双减在粗犷的大面积甘蔗种植上也是效果明显的, 值得推广的。

### 3. 结论分析

经过连续两年试验初步调查, 结合以上数据分析, 得出以下结论: 以新型高效低毒农药化肥代替部分常规化肥农药, 配套蔗叶回田、节水灌溉、生物防治等技术的双减模式, 能够改良土壤, 改善土壤结构, 提高土壤活性, 促进甘蔗的对养分的吸收和转化, 从而提高甘蔗产量, 延长品种的宿根管理年限。其中, 核心示范基地开展了 5 个综合措施处理对比试验示范, 试验结果表明:

一是通过化肥农药减施增效集成技术的实施, 改良土壤结构, 提升地力提高保肥保水能力, 甘蔗土壤有机质含量有所提升。试验区按等价减施化肥、农药各 25% 设计, 试验处理比对照增产 0.2~0.7 吨/亩 (平均增产 7.5%), 减施处理甘蔗糖分略高于对照, 农业亩增收达到 160 元。

二是万亩甘蔗核心示范区在 2019 年、2020 年实施完成后进行总结。2020 年与 2018 年对比减施化肥及农药情况, 亩均减施化肥 32% (净减 NPK 总量 18.4 公斤: 每亩均 30% 药肥甜歌 130 公斤, NPK 有效量 39 公斤; 比以往亩施尿素、钾肥各 40 公斤、过磷酸钙 100 公斤, NPK 有效量 57.4 公斤), 应用赤眼蜂防治螟虫减少使用农药约 25% (净减量折算为呋喃丹颗粒剂 2.5 公斤), 亩均节省肥料农药成本 40 元/亩。对比 2018 年的效果, 2019 年同比甘蔗产量平均增产 0.63 吨/亩; 2020 年与 2018 年对比则是甘蔗产量得到大幅提升了, 平均增产达 0.71 吨/亩。

三是生物防治效果显著。从 2018 年~2020 年甘蔗螟虫防治效果来看, 生物防治 2 年以来平均虫节率比对照降低 9.5% (绝对值)。根据相关资料, 每 1% 虫节率会降低 0.05% 的甘蔗糖分 (绝对值) 计算, 减少 9.5% 虫节率相当于提升 0.475% 的甘蔗糖分, 如按每亩甘蔗 5 吨产量计算, 每亩则可增糖 20.1875 公斤。按每吨蔗糖价格 5800 元计, 亩均工业增糖增收 116 元。由于减少枯心苗和虫节率, 甘蔗生产发育正常每亩可增产 0.2 吨以上, 按蔗价 450 元/吨计划, 甘蔗农业增产增收 90 元以上。两项合计, 即可实现甘蔗平均每亩工农业增收 200 元以上。

四是社会、生态效益明显。通过课题实施, 尽可能快的恢复土壤肥力, 改善蔗区生态环境, 为垦区甘蔗产业的可持续发展提供理论科学依据, 示范带动广前公司推广 5 万亩, 辐射全垦区年均 30 万亩以上。实现甘蔗产业可持续健康发展, 对促进农垦现代农业建设具有重大意义。

鉴于“双减”模式是一种长效机制, 应加大投入和保持连续性, 做进一步的探索, 继续调整因素, 优化技术指标, 以期建立稳定可复制的长效模式, 在湛江垦区以至全国蔗区得以应用推广, 从而进一步促进甘蔗产业的绿色高效发展。



## 柑橘流胶病病原鉴定

耿雪欣<sup>1</sup>, 姚姿婷<sup>2</sup>, 邹承武<sup>1,3\*</sup>, 何新华<sup>1,3\*</sup>

1. 广西大学农学院, 南宁 530004;

2. 广西农业科学院植物保护研究所, 南宁 530007;

3. 亚热带农业生物资源保护与利用国家重点实验室, 南宁 530004

**摘要** 柑橘流胶病是主要为害柑橘枝干的一种真菌性病害。2020年秋季,在广西贵港市柑橘园的桂橙1号上发现有植株发生柑橘流胶病,主要症状表现为枝干表皮开裂、流胶,树势衰弱。为了明确该病的病原,本研究剪取病株的病健交界处组织,采用组织分离法分离培养病原菌,获得了5株培养表型不同的真菌菌株,命名为GC1、GC2、GC3、GC4和GC5。将这5株真菌分别接种到2年生健康金橘植株上,仅GC1可以引起相同症状并能分离到完全相同的真菌。而将5株真菌按照等比例随机组合接种柑橘植株,发现有5种组合方式可以引起不同程度的柑橘流胶症状,分别是GC1和GC2组合,GC1和GC4组合,GC1和GC5组合,GC1、GC2、GC3、GC4和GC5组合,GC2、GC3和GC4组合。利用形态学鉴定方法和基于rDNA-ITS、*EF-1a*和 $\beta$ -*tubulin*序列分析的分子鉴定方法对分离物进行鉴定,结果表明:GC1为可可毛色二孢*Lasiodiplodia theobromae*,这与前人报道的柑橘流胶病病原菌相同;GC2、GC3、GC4和GC5均为镰孢属*Fusarium*真菌,这是首次发现镰孢属真菌混合侵染可引起柑橘流胶病。

**关键词** 柑橘; 流胶病; 病原鉴定; 可可毛色二孢; 镰孢菌

中图分类号 Q949.748.5

文献标识码 A

# MeJA 诱导芒果采后抗病性及其对防御酶活性和基因表达的影响

弓德强<sup>1,2</sup>, 胡美姣<sup>1</sup>, 高兆银<sup>1</sup>, 李敏<sup>1</sup>, 朱世江<sup>3\*</sup>

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所/农业部热带作物有害生物综合治理重点实验室, 海南海口 571101

2 海南省热带园艺产品采后生理与保鲜重点实验室, 广东湛江 524091

3 华南农业大学园艺学院, 广东广州 510642

**摘要** 芒果果实采后容易受病原菌的侵染而发病, 造成果实贮运过程中的腐烂损失。茉莉酸甲酯 (MeJA) 是植物中天然存在的生长调节因子, 在调节植物的生长发育和逆境胁迫过程中起着十分重要的作用。作为一种诱抗剂, MeJA 处理能够诱导芒果果实产生抗病性, 从而延缓果实腐烂发生。为了进一步探讨 MeJA 提高芒果果实采后抗病性的相关机制, 以‘红芒 6 号’芒果为试材, 研究采后用 10  $\mu\text{mol/L}$  的 MeJA 浸渍处理对芒果果实常温 (25 $\pm$ 1 $^{\circ}\text{C}$ ) 贮藏期间抗病性的影响, 并分析果实贮藏期间相关防御酶活性和防御酶基因表达水平的变化。结果表明: 采后 MeJA 处理可显著降低芒果在贮藏期间自然发病的病情指数, 并能抑制接种炭疽病菌芒果的病斑扩展, 从而提高芒果果实的抗病性。同时, MeJA 处理提高了接种芒果贮藏期间苯丙氨酸解氨酶 (PAL)、多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD)、 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶 (GLU) 和几丁质酶 (CHI) 等防御酶的活性; 另外, 采用实时荧光定量 PCR (qRT-PCR) 分析接种点周围果皮组织中相关基因的表达水平, 结果显示, MeJA 处理芒果在贮藏前期 *MiPAL*、*MiPPO*、*MiPOD*、*MiGLU* 和 *MiCHI* 等防御酶基因的表达水平显著增强。这些结果表明, MeJA 处理提高芒果果实采后抗病性与防御酶活性及其基因表达的增强密切相关。

**关键词** 芒果; 茉莉酸甲酯; 抗病性; 防御酶; 基因表达

中图分类号 S667.1 文献标识码 A

**资助项目** 广西创新驱动发展专项 (科技重大专项) (桂科 AA18118046)。

**作者简介** 耿雪欣(1999—), 女, 硕士研究生; 研究方向: 柑橘病害鉴定。通讯作者(Corresponding author): 邹承武(ZOU Chengwu), E-mail: zouchengwu@gxu.edu.cn; 何新华 (HE Xinhua), E-mail: honest66222@163.com。

**资助项目** 海南省自然科学基金项目 (320RC688); 中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金项目 (2016hzs1J017、1630042017026);

**作者简介** 弓德强 (1977—), 男, 博士, 副研究员; 研究方向: 果蔬采后生理与保鲜技术。\*通讯作者 (Corresponding author): 朱世江 (ZHU Shijiang), E-mail: shijiangzhu@yahoo.com。

## 贵州木薯花叶病调查情况初报

饶萍, 罗春芳, 欧珍贵, 谢恩俊, 班秀芝, 杨龙\*  
(贵州省亚热带作物研究所 贵州 兴义 562400)

**摘要** 木薯花叶病 (CMD) 是由双生病毒引起的为害木薯的主要病害之一, 可由烟粉虱携带病毒传播。于 2019 年-2020 年对贵州望谟的国家木薯种质资源圃 (贵州) 备份基地的木薯种质资源进行木薯花叶病发病率、病情指数和烟粉虱种群数量调查。结果表明, 2019 年共计 12 个发病种质, 平均发病率在 8~55.73%, 病情指数在 4~14, 2020 年共计 22 份发病种质, 发病率在 2.08~55%, 病情指数在 1.67~39.67; 木薯花叶病发病高峰多集中于 7 月, 烟粉虱种群数量高峰集中于 9 月, 发病率和烟粉虱数量均随温度降低而下降。

**关键词** 木薯; 花叶病; 烟粉虱; 贵州

**中图分类号** S533 **文献标识码** A

## A Preliminary Survey of Cassava Mosaic Disease in Guizhou

RAO Ping, LUO Chunfang, OU Zhengui, XIE enjun, BAN Xiuzhi, YANG Long\*  
(Guizhou Institute of Subtropics Crops, Xingyi 562400)

**Abstract:** Cassava mosaic disease (CMD) is one of the main diseases that damage cassava, CMD caused by begomoviruses, which can be transmitted by whitefly. From 2019 to 2020, the cassava germplasm resources of the National Cassava Germplasm Resources Nursery (Guizhou) Backup Base in Wangmo were investigated, the contents of the survey include the incidence of cassava mosaic disease, disease index and whitefly abundance. The results showed that there were 12 germplasms were infected in 2019, with an average incidence of 8~55.73%, and a disease index of 4-14. In 2020, a total of 22 germplasms were infected, with an incidence of 2.08~55%, and a disease index of 1.67~ 39.67; The peak incidence of cassava mosaic disease was mostly concentrated in July, and the population peak of whitefly population was concentrated in September. Both the incidence rate and the number of whitefly decreased with the decrease of temperature.

**Keywords:** cassava, cassava mosaic disease, *Bemisia tabaci*, Guizhou

木薯 (*Manihot esculenta* Crantz) 属大戟科 (Eu-phorbiaceae) 木薯属 (*Manihot*), 是世界六大作物之一, 是非洲大多数国家的主要粮食, 同时在我国华南及中部多个省 (区) 都有种植[1]。木薯花叶病是由联体病毒科 (*Geminiviridae*) 的菜豆金黄色花叶病毒 (*Begomovirus*) 或乙型线状病毒科 (*Alphaflexiviridae*) 马铃薯 X 病毒组 (*Potexvirus*) 侵染引起病毒病[2-3], 该病毒因基因组小、种群规模大、世代时间短和替代率高等特点使得其具有快速进化的潜力[4-6], 同时该病在田间主要借助烟粉虱进行传播, 通过带病种茎的调运可进行远距离扩散[7]。能造成 20~90% 的木薯产量损失[8], 印度、乌干达、斯里兰卡、越南、泰国、柬埔寨等及非洲多个国家均有发生[1], 对木薯产业危害巨大, 我国现已将非洲木薯花叶病毒列入进境植物检疫性有害生物名录[9]。

**基金项目** 贵州省科技计划项目“饲用木薯品种鉴定及饲用技术研究”(No. 黔科合支撑[2019]2358号);“两江一河”热带(亚热带)精品果树产业发展(No. 黔农科院精品水果产业专项[2020]01号);滇桂黔石漠化地区特色作物产业发展关键技术集成示范项目(No. SMH2019-2021)。

**作者简介:** 饶萍 (1992~), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为作物育种, 邮箱 anarurp820@sina.com。

\* 通讯作者: 杨龙 (出生年份), 助理研究员, 主要从事热带特色块根块茎作物育种与产品综合利用工作, 邮箱 yanglong0913@163.com。

贵州省农科院热作所自 2009 年开展木薯研究以来,从广西亚热带作物研究所和中国热带农科院品资所引进 10 个木薯种质资源在贵州开展适应性种植[10],2015 年与中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所(热科院品资所)合作,引进木薯种质资源 140 余份,并在贵州望谟建立了国家木薯种质资源圃(贵州)备份基地,现收集保存木薯种质资源 400 余份[11]。2018 年木薯花叶病在我国海南和福建被首次发现并报道后[12-13],贵州木薯产区薯农及研究人员对其高度重视,自 2019 年起贵州省农科院热作所密切观测国家木薯种质资源圃(贵州)备份基地木薯花叶病的发生情况和烟粉虱的种群数量,以期对木薯花叶病的监测和防控提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 调查时间

2019 年 6~11 月;2020 年 5~10 月。

#### 1.2 调查对象

木薯地位于贵州省亚热带作物研究所望谟示范园内,木薯面积为 8 亩,位于贵州省望谟县平洞街道,距县城 3.5km,东经 106.07°,北纬 25.18°,海拔 560m,年均温 19°C,年降水 1200mm 左右,无霜期 358 天,属于南亚热带季风湿润气候。

### 1.2 方法

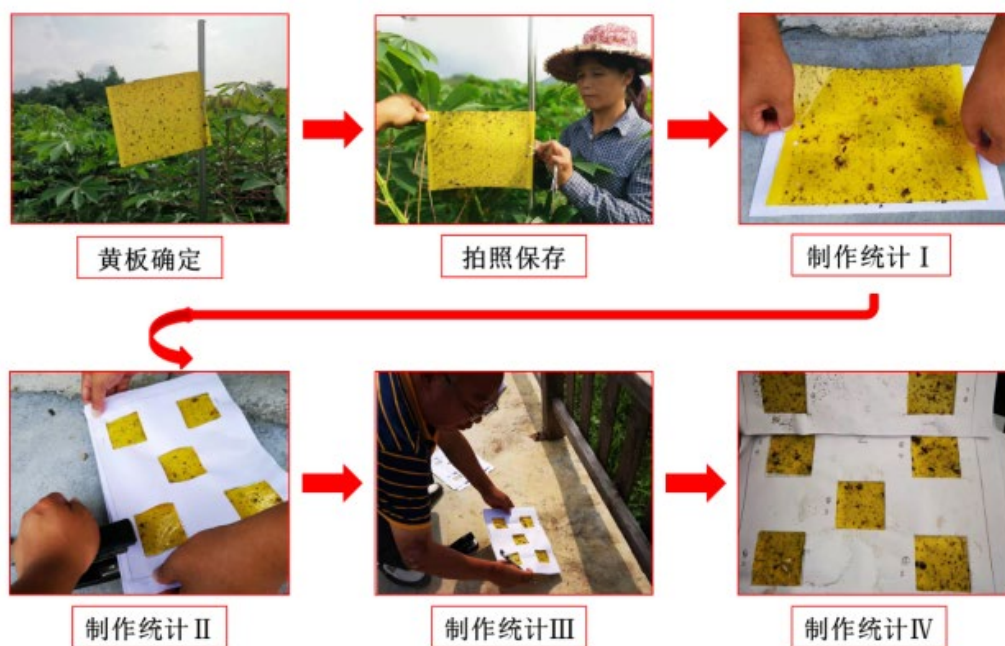
#### 1.2.1 木薯花叶病监测

分别从 2019 年的 6 月份和 2020 年的 5 月份开始,采取踏查的方式,每月调查一次试验范围内所有木薯种质花叶病危害情况。观察木薯植株叶片出现花叶病情况和危害程度,统计并计算花叶病平均株发病率和病情指数。

#### 1.2.2 烟粉虱种群数量监测

采用黄板诱集。黄板悬挂于距监测点木薯植株顶部 0.5 米处,每个监测点悬挂 5 块黄板,于每月底进行更换并统计,采用五点取样法进行虫量统计,单片虫量为黄板正反两面虫量总和。

黄板统计方法按如下流程计数。统计每块黄板的虫口数。



### 1.2.3 气象资料的获取

2019 年 6~11 月的月均气温、湿度、降雨量、日照时长等气象监测数据由贵州省望谟县气象局提供；2020 年 5~10 月的月均气温、湿度、降雨量、日照时长等气象监测数据由贵州省气象局提供。

## 2 结果与分析

### 2.1 木薯花叶病调查结果

2019 年对望谟示范园内木薯种质花叶病进行调查，调查范围内共计 600 余份资源，共 36 份发病种质，占总资源份数的 5.90%，排除留种量较少的木薯种质后，共统计 12 个发病种质 6 月至 11 月的花叶病发病情况见表 1，占总资源份数的 1.94%。2019 年木薯种质花叶病发病情况，除 32-8 和 SC205 分别在 8 月和 9 月发病外，其余品系均在 6、7 月发现木薯花叶病病株并且在 7、8 月达到发病高峰，NZ199 的发病趋势为逐渐上升，27-4 和 46-14 发病率在升高后保持，其余品系发病趋势均为先上升后下降；27-4 平均发病率最高，为 55.73，贵修 15 病情指数最高，为 14，贵修 15 的发病率低于 27-4，但病情指数高于 27-4，说明其植株发病等级较高，受花叶病危害较严重。

表 1 2019 年木薯种质来源和花叶病发病情况  
Tab.1 Source of cassava and incidence of mosaic disease in 2019

品种	来源地	年份	总株数	株发病率 (%)							病情指数						
				6月	7月	8月	9月	10月	11月	平均	6月	7月	8月	9月	10月	11月	平均
SC205(CK)			25	0.00	0.00	0.00	20.00	20.00	12.00	8.67	0.00	0.00	0.00	8.00	10.00	6.00	4.00
32-8			5	0.00	0.00	60.00	40.00	20.00	20.00	23.33	0.00	0.00	12.00	8.00	4.00	4.00	4.67
GZ15-017			25	0.00	24.00	16.00	16.00	8.00	8.00	12.00	0.00	8.00	6.00	6.00	4.00	4.00	4.67
SC9			20	0.00	20.00	20.00	25.00	20.00	15.00	16.67	0.00	8.00	8.00	10.00	8.00	6.00	6.67
ITBB01			30	0.00	66.67	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	0.00	14.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.33
GZ15-004			25	0.00	48.00	16.00	12.00	8.00	8.00	15.33	0.00	16.00	8.00	6.00	6.00	4.00	6.67
27-4			32	3.13	81.25	62.50	62.50	62.50	62.50	55.73	2.00	16.00	14.00	12.00	12.00	12.00	11.33
47-18			32	6.25	15.63	18.75	18.75	15.60	15.60	15.10	2.00	6.00	6.00	8.00	6.00	6.00	5.67
贵修 7			36	2.78	25.00	15.63	13.90	13.90	11.10	13.72	2.00	8.00	10.00	10.00	10.00	8.00	8.00
NZ199			40	7.50	12.50	15.00	22.50	30.00	32.50	20.00	4.00	4.00	16.00	14.00	12.00	10.00	10.00
46-14			40	5.00	12.50	12.50	30.00	37.50	37.50	22.50	4.00	12.00	14.00	14.00	12.00	10.00	11.00
贵修 15			22	31.82	100.00	22.73	18.18	18.18	18.18	34.85	10.00	38.00	10.00	10.00	8.00	8.00	14.00

2020 年 5 月开始木薯种质花叶病调查, 共计调查 48 份木薯种质, 其中 22 份木薯种质发现木薯花叶病, 占调查种质的 45.83%, 发病情况见表 1。GZ14-031、GZ15-004、GZ16-044、GZ16-067、K20-26 均在 5 月发现木薯花叶病病株, 且 6 月及之后再未发现病株, 其中 GZ14-031 和 GZ16-044 在 5 月的发病率均超 50%, 分别达到 60%和 100%, 且病情指数在 5 个种质中最高, 均为 20。在剩余的发病种质中, 除 56-4 的最高发病率在 6 月外, 其余种质均在 7 月和 8 月达到发病高峰, 发病种质的病情指数多在 7 月达到最高点, 只有 GZ14-055 和 47-18 病情指数最高点在 8 月; SC205、NZ199、GZ16-189、56-4、46-14 和 16-13 在整个调查时间范围内均有病害出现, 47-18 于 6 月发现病株, 其余品系均于 7 月开始发生木薯花叶病; 除 SC205、K30-10 和 GZ14-006 外的其余发病品系的发病率和病情指数均呈现先上升后下降的变化, SC205 的发病率和病情指数均随时间推移逐渐增高, GZ14-006 发病率恒定但其病情指数在 9、10 月降低, 与其余品系病情指数变化情况一致, 而 K30-10 发病后其发病率和病情指数均恒定为 5%和 10。

平均发病率和病情指数可以判断一个种质的整体发病状况, 由表 2 可知, 除 56-4 的平均发病率为 55%外, 其余种质均低于 50%, 其中 ITBB01 和 SC205 的发病率均高于 30%, 分别为 38.89%和 34.17%, GZ16-067 的发病率最低, 为 2.08%, 且该种质的病情指数也最低, 为 1.67; 平均病情指数高于 20 的有 SC205、56-4 和 47-18, 分别为 39.67、30.67 和 23.33。

表 2 2020 年木薯种质来源和花叶病发病情况  
Tab.2 Source of cassava and incidence of mosaic disease in 2020

品种	来源地	年份	总株数	株发病率 (%)						病情指数							
				5月	6月	7月	8月	9月	10月	平均	5月	6月	7月	8月	9月	10月	平均
GZ14-031			20	60.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33
GZ15-004			10	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
GZ16-044			7	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.67	20.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33
GZ16-067			8	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67
K20-26			20	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	18.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
GZ14-071			20	0.00	0.00	20.00	10.00	10.00	10.00	8.33	0.00	0.00	12.00	6.00	6.00	6.00	5.00
GZ14-006			20	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	5.00	3.33	0.00	0.00	4.00	4.00	2.00	2.00	2.00
GZ14-055			20	0.00	0.00	35.00	15.00	5.00	5.00	10.00	0.00	0.00	20.00	10.00	4.00	4.00	6.33
GZ14-012			20	0.00	0.00	5.00	10.00	10.00	5.00	5.00	0.00	0.00	2.00	4.00	4.00	2.00	2.00
GZ15-022			20	0.00	0.00	15.00	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	0.00	8.00	4.00	4.00	2.00	3.00
GZ15-010			20	0.00	0.00	10.00	20.00	10.00	10.00	8.33	0.00	0.00	4.00	12.00	8.00	6.00	5.00
ITBB01			6	0.00	0.00	83.33	50.00	50.00	50.00	38.89	0.00	13.33	30.00	13.33	13.33	13.33	13.89
K12-18			20	0.00	0.00	10.00	15.00	25.00	25.00	12.50	0.00	0.00	8.00	8.00	14.00	16.00	7.67
K30-10			20	0.00	0.00	15.00	15.00	15.00	15.00	10.00	0.00	0.00	10.00	10.00	10.00	10.00	6.67
SC101			20	0.00	0.00	15.00	10.00	5.00	5.00	5.83	0.00	0.00	10.00	6.00	2.00	2.00	3.33
47-18			30	0.00	13.33	30.00	30.00	26.67	26.67	21.11	0.00	8.00	28.00	56.00	24.00	24.00	23.33
NZ199			20	5.00	10.00	50.00	45.00	25.00	20.00	25.83	2.00	4.00	38.00	16.00	18.00	14.00	17.00
SC205 (CK)			40	12.50	22.50	32.50	32.50	57.50	57.50	35.83	24.00	42.00	42.00	42.00	42.00	46.00	39.67
GZ16-189			8	12.50	12.50	50.00	25.00	25.00	12.50	22.92	2.00	4.00	18.00	6.00	4.00	4.00	6.33

对比表	46-14	20	15.00	15.00	50.00	25.00	25.00	25.00	25.83	6.00	8.00	30.00	12.00	10.00	10.00	12.67	1 和表 2 年 和 薯花叶病
可知, 2019	16-13	20	20.00	25.00	35.00	25.00	20.00	20.00	24.17	12.00	18.00	28.00	18.00	14.00	12.00	17.00	
2020 年木	56-4	20	50.00	80.00	50.00	50.00	50.00	50.00	55.00	20.00	30.00	32.00	32.00	34.00	36.00	30.67	

调查发病品种重合的有 GZ15-004、47-18、SC205、NZ199 和 46-14, 其中只有 47-18 在 2019 年和 2020 年的发病趋势相同; SC205 在 2019 年的发病时间更晚, 发病率和病情指数都更低; GZ15-004 在 2020 年只有 5 月发病而在 2019 年 7 月至 11 月均有花叶病发生。

## 2.2 烟粉虱种群数量调查

2019 年和 2020 年的 7 月至 10 月烟粉虱种群数量变化趋势相同, 烟粉虱种群数量在 8 月下降, 且在 9 月达到发生高峰; 2019 年烟粉虱数量自 9 月开始持续下降, 2020 年烟粉虱数量统计自 6 月开始且 6 月为统计月份中病株率和烟粉虱发生数量最低月份; 2020 年的病株率较 2019 年有所下降但病情指数却相对增加, 且 2020 年各月烟粉虱数量也高于 2019 年。



表 3 烟粉虱种群数量调查表

Tab.3 Questionnaire on *Bemisia tabaci* population

年份	日期	病株率/%	平均病情指数	烟粉虱数量/头	月均温/°C	平均湿度/%	平均降雨量/mm	日照时数/h
2019 年	7 月 22 日	33.80	10.83	183	26.8	80	346.7	125.2
	8 月 24 日	24.37	9.17	57.33	26.8	79	356.5	202.1
	9 月 25 日	26.01	9.33	282.67	24.2	76	145.9	177
	10 月 30 日	23.92	8.17	171.33	20.9	82	120.5	99.5
	11 月 30 日	22.81	7.00	125.33	16.5	79	18.0	90.7
2020 年	6 月 22 日	7.85	5.79	108.8	27.4	78	399	149.1
	7 月 22 日	21.96	14.73	403.8	27.7	77	285	175
	8 月 23 日	16.02	11.79	324.4	27.1	77	127.7	206.8
	9 月 20 日	16.15	9.70	456	24.3	82	159.5	95.6
	10 月 20 日	15.25	9.52	386.2	19.3	81	64.4	106.6

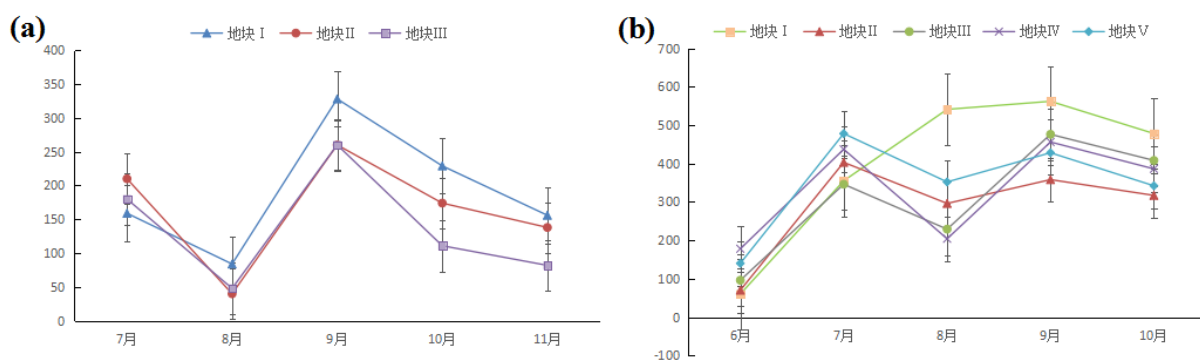


图 1 2019  
(a) 年和  
2020 年(b)  
烟粉虱种  
群数量变  
化图  
Fig.1  
Changes of  
*Bemisia  
tabaci*

population in 2019 and 2020

### 3 结论与讨论

国内选育的高产高淀粉量木薯品种华南系列的 SC5、SC8、SC9、SC10、SC6068 等 5 个品种在刚果均为感病品种，发病率均高达 89.5%以上[14]；我国木薯主栽品种 SC205、NZ199、SC9、SC6068 在乌干达对木薯花叶病均不具备抗性[15]；2018 年从中国引进木薯主栽品种 SC5、SC8、SC11、SC12、SC13、SC205、GR4 等 7 个品种在柬埔寨均受木薯花叶病危害，发病率均达 90%以上[7]；2019 年在云南怒江干热河谷种植的 SC205、SC6068、SC201、SC8、SC16、GR4 对花叶病均不具备抗性[8]，从本调查结果可以看出，除 SC205 和 27-4 病情随时间推移加重外其余品系均有所改善，1TBB01 自 7 月发病后发病率和病情指数较高，SC205、27-4、47-18、贵修 7、贵修 15、46-14、NZ199、16-13、56-4、GZ16-189 等品种在调查期间均有病株，说明这些木薯种质对木薯花叶病抗病性较差或不具备抗性；2019 年较 2020 年发病率更高，可能是由于同个品种多聚集在同个区域，为病毒的传播提供了便利；2020 年烟粉虱种群数量较 2019 年有明显增加，这可能与温度的升高有关，8 月烟粉虱种群数量出现明显下降，其原因需在后续调查中进行查找和验证。

中国在 2018 年以前是木薯花叶病的非疫病区，病害样本获取难度高，因此在木薯花叶病方面的防控研究几乎是空白，随着 Wang 等[12]在海南和福建发现花叶病并鉴定出病原为斯里兰卡木薯花叶病毒株系，

国内各木薯主产区均相继出现木薯花叶病的为害。由双生病毒引起的木薯花叶病，其短距离传播主要以烟粉虱为媒介；远距离传播主要通过罹病种茎和带毒薯类产品的调运和农产品交易等[16]，木薯种植以茎秆无性繁殖为主，种植引进和调运的罹病种茎是出现病害的主要原因[1]。加强病害监测，禁运带病种茎，选育抗病品种，是控制木薯花叶病蔓延、保证木薯产业有序健康发展的重要措施。

## 参考文献

- [1] 王国芬, 李超萍, 时涛, 等. 我国木薯花叶病毒病的发生危害及其病原鉴定[J]. 热带作物学报, 2021, 42(6): 1668-1677.
- [2] Thresh J M, Otim -Nape G W, Legg J P, et al. African cassava mosaic virus disease: the magnitude of the problem[J]. African Journal of Root and Tuber Crops, 1997, 2: 13-9.
- [3] Kitajima E W, Wetter C, Oliveira A R, et al. Morfologia do virus do mosaico comun da mandioca[J]. Bragantia, 1965, 24: 247-260.
- [4] Catherine D. Aimone , Erik Lavington, J. Steen Hoyer , et al. Population diversity of cassava mosaic begomoviruses increases over the course of serial vegetative propagation[J]. Journal of General Virology, 2021, 102: 001622.
- [5] Duffy S, Holmes EC. Validation of high rates of nucleotide substitution in geminiviruses: phylogenetic evidence from East African cassava mosaic viruses[J]. J Gen Virol 2009, 90: 1539-1547.
- [6] Rocha CS, Castillo-Urquiza GP, Lima ATM, Silva FN, Xavier CAD, et al. Brazilian begomovirus populations are highly recombinant, rapidly evolving, and segregated based on geographical location[J]. J Virol 2013; 87: 5784-5799.
- [7] 时涛, 王国芬, 李超萍, 等. 柬埔寨木薯主要病害及从中国引进品种花叶病发生情况[J]. 中国植保导刊, 2019(11): 91-95.
- [8] 段春芳, 宋记明, 姜太玲, 等. 怒江干热河谷木薯花叶病调查研究初报[J]. 热带农业科学, 2020, 12(40): 55-61.
- [9] 中华人民共和国农业部公告第 862 号《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》[EB/OL].(2007-06-04)[2020-05-20].[http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg\\_1/gg/200706/t20070604\\_827310.htm](http://www.moa.gov.cn/gk/tzgg_1/gg/200706/t20070604_827310.htm).
- [10] 欧珍贵, 黎青, 罗亚红, 等. 10 个木薯品种引种贵州低热河谷地区的适应性[J]. 贵州农业科学. 2012(7): 25-27.
- [11] 罗春芳, 杨龙, 欧珍贵, 等. 贵州木薯产业发展历史、现状及前景展望[J]. 农技服务, 2019, 36(2): 91-93.
- [12] Wang D, Yao X M, Huang G X, et al. First report of Sri Lankan cassava mosaic virus infected cassava in China [J]. Plant Disease, 2018, 103(6): 1437.
- [13] 时涛, 王国芬, 李超萍, 等. 木薯花叶病在中国发生的首次报道[J]. 热带农业科学, 2018, 38(10): 99-100.
- [14] 薛茂富, 朱文丽, 李开绵, 等. 刚果(布)耐花叶病高产木薯品种筛选[J]. 热带作物学报, 2015, 36(10): 1779-1784.
- [15] 时涛, 黄贵修. 我国木薯主栽品种在乌干达发生花叶病和褐条病的调查[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(1): 73-75+83.
- [16] Legg J, Somado E A, Barker I, et al. A global alliance declaring war on cassava viruses in Africa[J]. Food Security, 2014, 6(2):231-248.

# 海南保亭虎乳灵芝的分离鉴定

徐林<sup>\*</sup>, 丁野, 严廷良

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南海口 571101

**摘要** 虎乳灵芝(*Polyporus rhinocerus* Cooke), 学名孤苓, 隶属于真菌门(*Eumycota*), 担子菌亚门(*Basidiomycotina*), 层菌纲(*Hymenomycetes*), 地褶菌目(*Aphyllloporales*), 多孔菌科(*Polyporaceae*), 孔菌属(*Polyporus*)或孤苓属(*Lignosus*)。虎乳灵芝具有极高的药用价值, 以菌核入药, 其有效成分包括多糖(主要是  $\beta$ -葡聚糖)、多糖-蛋白质复合物、蛋白质和蛋白酶等, 具有抗肿瘤、抗炎症、抗氧化、抑菌、抗病毒、抗凝血和免疫调节等活性。虎乳灵芝主要分布中国、马来西亚、菲律宾、斯里兰卡、澳大利亚等国家。国内主要分布在海南岛中部山区, 具有发展为海南地理标识产品的潜力。笔者在海南省保亭县开展食用菌资源调查时, 在新政镇什那村采集到了虎乳灵芝标本, 经组织分离纯化、菌丝体基因组提取、ITS 扩增、克隆测序、该菌株与 *Polyporus rhinocerus* TM02 的 ITS 序列相似度 99.12%, 结合子实体形态特征将该菌鉴定为虎乳灵芝 (*Polyporus rhinocerus* strain 00159 (EPPI))。

**关键词** 虎乳灵芝; 食药菌;

# 红湖农场荔枝高效生产关键技术总结

林大轰<sup>1</sup>、庞素梅<sup>1</sup>、罗彬南<sup>1</sup>、戴艳秋<sup>2</sup>、邓华<sup>3</sup>

1 广东农垦红湖农场有限公司 广东廉江 524491

2 广东省农工商职业技术学校 广东湛江 524091

3 广东省湛江农垦集团有限公司 广东湛江 524022

**摘要:** 本文介绍了广东农垦红湖农场有限公司近年荔枝生产取得良好成效情况,对荔枝高产高效栽培关键技术进行了总结,以方便交流及为进一步开展荔枝高效标准化生产技术推广应用提供支撑。

**关键词:** 红湖农场; 荔枝生产; 高效技术

广东农垦红湖农场有限公司位于廉江市鹤地水库库区中心东西两岸,土地面积 4.5 万亩,总人口 1.75 万人,是一家以水果种植、水产养殖、畜牧养殖为主导产业的立体生态绿色农业示范国有农场,2001 年被广东省环保局授予“广东省生态示范场”称号。红湖农场土地肥沃,雨水充沛,为种植热带水果创造了得天独厚生态环境。农场现有荔枝种植面积 8655 亩,以职工家庭农场经营为主,多数荔枝园创建于上世纪 90 年代,主要品种为妃子笑、桂味、鸡嘴荔枝。前些年,由于果园基础设施配套不足,农户分散经营,未有品牌和绿色生产认证,加之,果园栽培管理水平较低,生产投入不足,导致荔枝年均总产量在 3000 吨~5000 吨之间徘徊,年均亩产不足 500kg,荔枝销售价格偏低,经济效益不理想。2020 年以来,针对我场荔枝生产基地存在的相关问题,我场党委积极研究对策,主动采取措施,通过开展高产高效标准化栽培技术示范、加大基础设施和水肥投入、加强品牌运作(注册了“鹤地红湖”商标)和绿色生产认证等方式,努力推进我场荔枝产业高质量发展。现将我场荔枝高产高效标准化栽培关键技术总结如下:

## 1 开展高效标准化栽培技术示范

2020 年在我场四队建立 200 亩荔枝标准化生产技术示范基地。聘请荔枝专家到田间地头开展现场授课,传授荔枝栽培技术要点,开展荔枝产前、产中、产后的高产高效栽培技术示范,提高职工荔枝种植技术水平,示范基地集成标准化生产技术,然后向全场推广,实行病情、虫情的预测预报和指导性绿色防控,为职工排忧解难,使职工和公司经济效益同步提升。今年公司荔枝产量创历史新高,达到 5800 吨,公司 200 亩荔枝示范基地平均亩产达 1500 公斤,个别农户平均亩产达 2000 公斤,一级果率达 80%,亩均收益 7000~8000 元,经济效益显著。

## 2 突出关键,抓好荔枝栽培技术指导

### 2.1 培育健壮的秋梢为结果母枝

培育健壮、充实、分布均匀的秋梢是妃子笑等品种稳产栽培的关键。

2.1.1 施好果前“送嫁肥”。采果前十天,施一次平衡性复合肥,每株 0.5~1 公斤,以利于采果后的树势恢复。

2.1.2 回缩修剪与疏剪。采果后 5-7 天进行,回缩修剪就是把去年的第一次秋梢保留 10-12 公分处短截。疏剪就是剪出交叉、重叠的过密枝条,剪去枯枝、弱枝、病枝,有利于促进健壮的秋梢,一般在 6 月底至 7 月初完成。

2.1.3 施好壮梢肥。在第一、第二次秋梢转绿前追施,以速效氮为主,每株施 0.2-0.3 公斤,以利于梢快速转绿,促发第三次秋梢。第三次秋梢转绿前则施钾、镁、硼、磷肥为主,加速

### 备注:

**资助项目** 中央财政农业生产发展资金项目(广东省荔枝高标准生态智慧果园)。

**作者简介** 林大轰,男,汉族,热作讲师,研究方向为农业生产技术管理与推广。E-mail: hhncsck@163.com。

转绿,以利于增强光合作用和养分积累,提高树体抗病性,培育健壮的果母枝,为花芽分化创造有利条件。

2.1.4 采果后确保放三次秋梢,适度延迟放末次秋梢。采果后的妃子笑放梢三次,使其有足够的绿叶层为次年的丰产打好基础。第一次梢于 7 月上旬放出,第二次梢于 8 月上旬放出,第三次梢于 9 月下旬至 10 月上旬放出。初产树最迟不超 10 月中旬放出,末次秋梢放过早,次年花量大,而且控梢期长,严重削弱树势,不利于高产,末次秋梢如放梢过迟(在红湖农场 10 月中下旬及之后放梢),往往不能成花,风险性较大,所以,在十月初放末次梢最理想。

## 2.2 控梢促花，严防冬梢

妃子笑如果萌发大量冬梢，将会严重影响花芽分化，同时给顶端生长点造成严重损伤，导致花期花量过大、过多，对丰产极为不利。

2.2.1 药物控梢。在末次秋梢转绿期喷一次 200~300PPM 乙烯利加 1000PPM 多效唑或稀效唑，20 天后再喷一次，能有效控制冬梢的萌发。

2.2.2 科学环剥。末次秋梢老熟后，用 2-3 号环剥刀于主干或主分枝螺旋环剥 1.5-2 圈，深达木质部，但不能伤木质部，螺距与树直径相等为宜，这种方法效果最好，这对次年的保果亦非常有利。

2.2.3 合理环割。对初产树或树干较小的结果树，应采用对口环割较为安全，主要用 0 号刀对主杆对口环割一圈即可，但不可伤及木质部。

## 2.3 重施花前肥

2.3.1 重施有机肥。花前肥是妃子笑全年最重要的一次肥料，主要以有机肥为主，各类饼肥及鸡、猪粪均可，最好提前 2~3 月混合均匀堆沤，让肥充分腐熟。一般在树冠滴水线下对称开沟施为好。根据树冠大小每株施 40~50 公斤。

2.3.2 适当延后开花期。花穗 5~8CM 长时，可喷一次 80PPM 的乙烯利，开雄花前喷一次龙眼丰产素，能有效推迟花期 10 天以上，使花蕾充分壮实，有效提高座果率。

2.3.3 选花疏花。妃子笑是大花序品种，花序长，座果率低，所以选花疏花是妃子笑生产栽培技术最重要的一环。当花穗长至 10CM 以上时，每个花穗除保留主穗外，多余的一律抹除，雄花开放前，用剪刀或电动割花机从花穗顶部选剪去总花量的 70%左右或留 8-10CM 花即可，这方法安全可靠，能有效减少花量和养分消耗，提高座果率。

2.3.4 化学选花。雄花开放前进行。可喷乙烯利（每 50Kg 水加 8~12 毫升），或用荔枝短花素（每支加 100~125Kg 水）喷一次，杀掉雄性花蕾，能节省人工，但因气温变化大，效果不稳定。

## 2.4 保花保果

2.4.1 环割保果。主要针对青壮年结果树，因营养生长过旺或阴雨天造成生理落果，在谢花后 5-7 天用 0 号刀于结果树 2~3 级分枝环割一圈即可，这样能有效控制养分下流，提高座果率。

2.4.2 喷叶面肥。对花量大，结果多的树，夏季要喷有机叶面肥，补充开花消耗的养分，加速幼果膨大。

2.4.3 防止落果。荔枝盛花至幼果期，如遇高温西风天，会造成严重落花落果，每天上午 9 点至下午 3 点要及时喷水降温，最好加有机叶面肥一起喷。

2.4.4 因树制宜施好壮果肥。果实膨大期的 4 月中下旬，需根据树体结果量，每株施高钾型复合肥 1~2 公斤以壮果。

## 2.5 病虫害绿色高效防控

荔枝病虫害防控，贯穿整个生育期、结果期。重点防控好蒂蛀虫，要根据害虫的预测预报，及时做好药物防治，坚持 7~10 天喷一次有效药物，效果最佳。果期的霜霉病、炭疽病，主要是要提前做好防治，效果才会最佳；梢期重点防治食叶类害虫，要及时控制虫情，及时喷药即可；用药以选用低毒低残留符合绿色食品标准要求的农药，同时结合物理治疗，确保荔枝食品安全。

## 鸡粪与牛粪复合调理菌渣堆肥效果研究

麦力文<sup>1,2</sup>, 王定美<sup>1,2</sup>, 毛益林<sup>1,2</sup>, 李勤奋<sup>1,2\*</sup>

(1.中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南 海口 571101; 2.海南省热带生态循环农业重点实验室, 海南 海口 571101)

**摘要:** 为了研究两种生物降解性能差别大的热性粪便(鸡粪)和冷性粪便(牛粪)联合调理下的菌渣堆肥腐殖化效果开展堆肥实验。将牛粪与鸡粪按照 1:0、3:1、1:1、1:3、0:1 的比例混合后添加至菌渣底料中联合堆肥。调节堆体同一初始碳氮比 20、含水率 50%, 装桶发酵 60d, 取样时间为第 0、9、18、27、36、48、60d, 堆肥期间保证前 3 周每周翻堆 2 次, 后期每周 1 次, 每次翻堆后取样。结果表明, 随着鸡粪添加比例提升, 有利于堆肥有效积温增多, 有效降低堆肥产品电导率。堆肥结束后, 各处理组有机质分别下降了 44.95% (1:0)、46.12% (0:1)、48.52% (3:1)、46.98% (1:1)、47.98% (1:3), 复合粪便调理堆肥过程中有机质分解速率快于单一粪便菌渣堆肥, 复合粪便促进了有机质的降解。另一方面, 牛粪混合鸡粪的复合调理堆肥处理组, 比例为 1:1 时 pH 最快稳定, 加速堆肥稳定化过程; 混合比例 1:3 时, 堆肥产品硝态氮含量最高, 促进堆肥过程硝化作用, 同时减缓氨态氮积累速度。此外, 一定比例的复合粪便堆肥能显著提高堆肥产品有机肥的腐熟程度 ( $P<0.05$ ), 通过可溶性有机碳三维荧光光谱及平行因子分析发现, 畜禽粪便菌渣堆肥是类蛋白质物质逐渐被分解, 并转化为腐殖酸和富里酸的过程。牛粪与鸡粪混合比例 1:3 时, 组分 3 类蛋白质物质荧光强度 ( $F_{max}$ ) 下降最多, 从第 0d 的 16.05% 下降至第 60d 的 4.76%, 同时组分 2 类腐殖酸物质  $F_{max}$  增加最多, 60d 内增加了 3.46%, 表明该处理能够更加充分的分解蛋白质, 促进腐殖酸的产生, 进而提高堆肥质量。通过 FTIR 红外光谱扫描发现, 1622~1662 $cm^{-1}$  处的吸收峰分别来自碳酸盐中的 C=O 反对称伸缩振动和木质素相连的 C=O 伸缩振动, 这个吸收峰在比例为 3:1、1:3 的处理组经过 60 天的堆肥后都明显减弱, 结果表明混合比例为 3:1、1:3 时更有利于木质素降解。

**关键词:** 畜禽粪便; 堆肥; 三维荧光光谱; 红外光谱

## 间作柱花草绿肥提高了椰园土壤肥力

刘许霖<sup>1,2</sup>, 杨孝奎<sup>2,3</sup>, 郇恒福<sup>2\*</sup>, 黄冬芬<sup>2\*</sup>

(1 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江大庆 163316; 2 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所/农业农村部华南作物基因资源与种质创制重点实验室/农业农村部木薯种质资源保护与利用重点实验室, 海南海口 571101; 3. 海南大学动物科技学院 海南海口 570228)

**摘要:**【目的】明确间作柱花草绿肥后不同利用方式对椰园土壤肥力的影响, 为酸性土壤地区椰子园绿肥间作以及进行绿肥的合理施用提供理论参考。【方法】本文通过三年田间定位试验研究, 设单种椰子树、绿肥死覆盖、绿肥压青三个处理, 定位观测土壤有机质、碱解性氮、有效磷、速效钾、pH 等土壤肥力指标的动态变化。【结果】间作绿肥后不同利用方式下均可显著提高有机质、碱解氮、有效磷和 pH, 并且压青处理的多数指标均高于死覆盖处理, 这些指标提高的幅度随着时间的延长不断增大。此外, 研究结果还表明, 0-20cm 土层中的有机质、水解性氮、有效磷、速效钾含量要高于 20-40cm 土层中的含量, 并且受处理影响的程度也要大。【结论】间作柱花草绿肥能提高土壤肥力, 改善土壤酸度, 并且压青处理要好于死覆盖, 0-20cm 土层肥力的提升效果要优于 20-40cm 土层。

**关键词:** 柱花草; 椰园; 土壤肥力; 间作

## Changes of soil fertility after intercropping and application of Stylosanthes and green manure in coconut orchards

LIU Xu-lin<sup>1,2</sup>, YANG Xiao-kui<sup>2,3</sup>, HUAN Heng-fu<sup>2\*</sup>, HUANG Dong-fen<sup>2\*</sup>

(1 College of Agriculture and Horticulture, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163316, China; 2 Institute of Tropical Crop Variety Resources, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Gene Resources and Germplasm Enhancement in South China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Key Laboratory of Cassava Germplasm Resources Conservation and Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Haikou, Hainan 571101, China; 3 College of Animal Science and Technology of Hainan University, Haikou, Hainan Province, 570228)

**Abstract:** 【Objective】 To define the effect of the different use mode of green manure after intercropping with coconut, on the soil fertility so as to provide the theoretical reference for the green manure intercropping and scientific use in the coconut plantation in the acidic soil of the tropics. 【Method】 In this paper, three treatments of single coconut tree, green manure mulch and green manure incorporation were used to observe the dynamic changes of soil fertility indexes including of the soil organic matter, alkali-hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, available potassium and pH. 【Result】 The results showed that the soil organic matter, alkali-hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, available potassium and pH were all increased after intercropping with coconut independent with the different use mode of green manure after three years field trial, and the increase of the soil fertility indexes in the green manure incorporation treatment was better than that in the mulch treatment. Apart from this, the result also indicated that the content of the soil organic matter, alkali-hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, available potassium and pH in the 0-20 cm soil depth were all higher than of in the 20-40 cm soil depth, and the effect of the 0-20 cm soil depth was stronger than that of the 20-40 cm soil depth. 【Conclusion】 Intercropping of the Stylosanthes green manure could effectively improve soil fertility and soil acidity, the incorporation use mode was better than the mulch use mode, and the improving effect of 0-20cm soil depth are better than that of 20-40cm soil depth.

收稿日期: 2021-06-21

接受日期: 2021-10-25

资助项目: 财政部和农业农村部国家现代农业产业技术体系; 海南省自然科学基金项目(2019CXTD415); 国家重点基础研究计划课题(2014CB138706); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(1630032017032, 1630032021015) 联系方式: 刘许霖 E-mail: [lx1640640@163.com](mailto:lx1640640@163.com); \*通讯作者 郇恒福 E-mail: [hengfu.huan@163.com](mailto:hengfu.huan@163.com), [huangdongfen2002@163.com](mailto:huangdongfen2002@163.com)

**Key words:** Stylosanthes; Coconut orchard; soil fertility; intercropping

种植绿肥是我国农业生产可持续发展的重要农艺措施,也是提升耕地土壤有机质水平的一项行之有效的措施<sup>[1]</sup>。研究表明施用绿肥能降低土壤容重,增加土壤孔隙度,利于获得更优质的农产品<sup>[2]</sup>。椰子(*Cocos nucifera* L.)是我国重要的热带作物,可产出椰油,果实成熟后可食用,是热带重要的木本油料作物和食品能源作物,还能对沿海生态的防护和园林绿化起到重要作用<sup>[3] [4]</sup>。椰树种植间距较大,成熟较慢,椰子种植业中存在土地利用率低且种植成本较高等问题,再加上南方热带的土壤普遍为酸性土壤,这类土壤矿物质养分含量较低且酸度高,施用绿肥等有机肥是解决这些问题的重要途径<sup>[5]</sup>。柱花草(*Stylosanthes guianensis* Sw.)是热带地区普遍种植的豆科绿肥。柱花草的间作能有利于作物生长,有研究表明在橡胶园的间作试验中,间作柱花草能显著提高作物的产量<sup>[6]</sup>。在椰子园中,间作绿肥能降低种植椰子的成本,并充分利用阳光、土地等资源。但目前椰子园中间作柱花草绿肥后不同利用方式对土壤肥力的影响还缺乏研究。为此,本文通过三年田间试验研究了椰园间作柱花草绿肥后不同利用方式对土壤肥力的影响,为在酸性土壤地区椰园间作柱花草绿肥及其合理施用提供理论依据,具有重要研究意义与价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试绿肥

绿肥为营养期的热研 2 号柱花草(*Stylosanthes guianensis* cv. Reyan No. 2)。

### 1.2 试验地概况

试验地位于海南省儋州市宝岛新村中国热带农业科学院试验农场十一队的试验基地,该基地处于东亚大陆季风气候的南缘,属热带湿润季风气候,阳光充足,雨量充沛。常年平均气温为 23.5℃,最热月 7 月份的平均温度为 27.8℃,极端最高气温 33℃,最冷月 1 月份的平均气温为 17.5℃,极端最低气温 3.2℃。土壤为砖红壤,土壤的基本理化性质见表 1。

表 1 试验地的土壤理化性质

Table 1 Soil physiochemical property of the field trial

土层 soil depth (cm)	有效磷 Available Phosphorus (mg/kg)	碱解氮 Alkali-hydrolyzed nitrogen (mg/kg)	有机质 OM(%)	pH	速效钾 Available Potassium (mg/kg)
0-20	9.10	33.80	1.60	5.03	99.80
20-40	5.1	27.2	1.25	4.94	78.7

### 1.3 试验设计

试验地本试验设三个处理:对照,绿肥死覆盖和绿肥压青。对照不间作柱花草绿肥,其它两个处理的柱花草间作在椰子树行间,采收后在椰树周围土壤进行绿肥覆盖或者挖坑压青,覆盖区域为施肥区,每个处理设三个重复,随机区组设计。每年年底取样,采用土钻法取土样,土样采取深度均分别为 0-20、20-40cm 土,将带回实验室的土样去除杂质,并且摊开放置在室内桌面通风处阴干、磨细,过 2mm 筛后,保存于密封塑料袋中供分析检测用。土壤指标的测定参照鲁如坤<sup>[7]</sup>的方法,土壤酸度采用电位法,有效磷采用盐酸氟化铵法,速效钾采取乙酸铵提取法,水解性氮使用碱解扩散法测定,有机质使用高温外热重铬酸钾氧化-容量法。

### 1.4 数据统计与分析

用 MS-Excel 进行数据计算和处理,用 SPSS13.0 统计软件对处理后的数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对土壤有机质含量的影响



有机质是一种长效且稳固的碳源, 以有机物形态储存在陆地土壤中, 土壤有机质不仅可以为植物提供生长所需的养分, 而且影响着土壤的结构、理化性质和土壤生物特征的变化, 土壤有机质是表征土壤肥力的一个重要成分, 也是衡量土壤肥力的重要指标之一<sup>[8]</sup>。间作柱花草后可为土壤带来大量有机质, 进而大幅增加土壤的有机质含量, 从本研究的结果中可看出 (表 2), 施用绿肥后第一年有机质含量无较大变化, 但第二年和第三年有机质含量都有了明显提升, 0-20cm 土层的提升速度要快于 20-40cm 土层, 这说明施用绿肥能有效提高土壤中的有机质含量, 且耕层土壤提升较快。绿肥压青的效果要好于绿肥死覆盖, 在第一年中, 0-20cm 土层压青处理组土壤有机质含量比死覆盖处理组高 0.26%, 20-40cm 土层压青处理组土壤有机质含量比死覆盖处理组高 0.04%。

表 2 各处理不同年份土壤有机质含量 (%)

处理	土层	第一年	第二年	第三年
Treatment	Soil depth (cm)	Year1	Year2	Year3
CK		1.04±0.13bc	1.13±0.22c	1.45±0.04b
死覆盖 Mulch	0-20cm	1.18±0.05b	1.75±0.23a	1.94±0.23a
压青 Incorporation		1.44±0.14a	1.76±0.049a	1.98±0.02a
CK		0.88±0.05c	1.21±0.07bc	1.07±0.06c
死覆盖 Mulch	20-40cm	1.10±0.04b	1.43±0.03b	1.50±0.04b
压青 Incorporation		1.14±0.02b	1.33±0.05bc	1.64±0.04b

注 (Note): CK—只种椰树, 同列字母表示同一年不同处理中差异显著性的比较。

Note: CK -- only planted coconut trees. The letters in the same column represent the comparison of the significance of differences among different treatments in the same year.

## 2.2 不同处理对土壤碱解氮含量的影响

作为豆科绿肥, 柱花草绿肥可以通过根瘤固氮, 增加土壤中的氮含量。本研究的结果表明 (表 3), 进行绿肥死覆盖处理的土壤中, 碱解氮含量每年逐渐增加且不同深度的土层含量均高于对照处理, 在第三年中 0-20cm 土层含量相较于对照增加了 22.87mg/kg, 20-40cm 土层增加了 17.74mg/kg, 0-20cm 土层含量要高于 20-40cm 土层。进行绿肥压青的土壤碱解氮的含量也要高于同年份对照土壤碱解氮的含量, 且增幅比绿肥死覆盖处理更高。在时间上, 第三年碱解氮含量最高, 0-20cm 土层含量要高于 20-40cm 土层。在各年份中进行绿肥压青土壤的碱解氮含量要大于绿肥死覆盖处理的土壤。

表 3 各处理不同年份土壤碱解氮含量 (mg/kg)

处理	土层	第一年	第二年	第三年
Treatment	Soil depth (cm)	Year1	Year2	Year3
CK		29.17±2.02ab	24.50±0.00d	15.63±1.62c
死覆盖 Mulch	0-20cm	33.8±2.02ab	35.00±0.00ab	38.50±0.00ab
压青 Incorporation		36.2±8.08a	36.2±2.02a	45.5±7.0a
CK		26.83±2.02b	25.66±2.02cd	15.63±2.25c
死覆盖 Mulch	20-40cm	28.00±3.50ab	30.33±5.34bc	33.37±6.12b
压青 Incorporation		31.5±0.00ab	33.83±2.02ab	37.3±2.02b

注 (Note): CK—只种椰树, 同列字母表示同一年不同处理中差异显著性的比较。

Note: CK -- only planted coconut trees. The letters in the same column represent the comparison of the significance of differences among different treatments in the same year.

### 2.3 不同处理对土壤有效磷含量的影响

热区土壤多为酸性土壤，缺磷是这类土壤上普遍存在的问题。间作柱花草可有效活化土壤中的磷，将难溶性的磷转化为有效的磷，进而大幅增加土壤有效磷的含量。从表 4 的结果可以看出，在 0-20cm 土层，绿肥压青和绿肥死覆盖的土壤中，有效磷含量都高于对照的土壤，说明间作绿肥可有效增加土壤中有效磷的含量。表 4 的结果还表明，在各年份中，进行绿肥压青的土壤的有效磷含量普遍高于死覆盖处理的土壤，说明间作绿肥后压青比死覆盖处理提升土壤磷的效果更好。20-40cm 土层与 0-20cm 土层存在相似的结果，表明间作绿肥不仅有效提高 0-20cm 土层的有效磷也显著提高了 20-40cm 土层中有效磷的含量。

表 4 各处理不同年份土壤有效磷含量 (mg/kg)

Table 4 Soil available phosphorus content of different treatments in different experiment years

处理 Treatment	土层 Soil depth (cm)	第一年 Year1	第二年 Year2	第三年 Year3
CK		6.47±0.12b	5.69±0.27b	6.92±2.83abc
死覆盖 Mulch	0-20cm	13.42±0.79ab	10.85±1.64ab	9.34±0.27ab
压青 Incorporation		16.3±10.32a	16.2±10.32a	10.6±3.60a
CK		6.37±0.34b	5.51±0.13b	3.12±0.30c
死覆盖 Mulch	20-40cm	7.53±0.51ab	6.67±0.58b	6.6±0.57bc
压青 Incorporation		11.9±4.16ab	5.77±0.31b	6.94±1.24abc

注 (Note): CK—只种椰树,同列字母表示同一年不同处理中差异显著性的比较。

Note: CK -- only planted coconut trees. The letters in the same column represent the comparison of the significance of differences among different treatments in the same year.

### 2.4 不同处理对土壤速效钾含量的影响

从表中可以看出，进行绿肥死覆盖的处理中，土壤速效钾含量高于对照且增加的幅度逐年提升。进行绿肥压青的处理中，0-20cm 土层，速效钾含量每一年都高于对照。施用绿肥后，0-20cm 土层含量要高于 20-40cm 土层。对于 20-40cm 土层，除了第一年外，第二年和第三年压青与死覆盖处理的速效钾含量均高于对照且差距逐渐增大。此外，表 4 的结果还表明，绿肥死覆盖处理的土壤中速效钾含量比绿肥压青处理的土壤要高。

表 5 各处理不同年份土壤速效钾含量 (mg/kg)

Table 5 Soil available potassium content of different treatments in different experiment years

处理 Treatment	土层 Soil depth (cm)	第一年 Year1	第二年 Year2	第三年 Year3
CK		106.7±3.51b	90.33±21.59b	90.33±3.21d
死覆盖 Mulch	0-20cm	127.3±5.51a	146±7.94a	170.00±4.58a
压青 Incorporation		124.3±9.61a	130.3±28.92a	134.33±7.09b
CK		118.7±3.10a	90.67±17b	68.67±3.51e
死覆盖 Mulch	20-40cm	125.7±6.43a	132.33±4.51a	143.00±4.00b
压青 Incorporation		103.7±0.58b	118.67±1.15ab	124.00±5.00c

注 (Note): CK—只种椰树,同列字母表示同一年不同处理中差异显著性的比较。

Note: CK -- only planted coconut trees. The letters in the same column represent the comparison of the significance of differences among different treatments in the same year.

## 2.5 不同处理对土壤 pH 的影响

表 6 的结果表明, 在 0-20cm 土层中, 施用绿肥能有效提升土壤的酸度, 相较于初始土壤, 绿肥压青第一年, 第二年和第三年分别提升了 0.26、0.28、0.7, 绿肥死覆盖第一年无较大变化, 第二年和第三年分别提升了 0.34 和 0.52。在 0-20cm 土层中绿肥压青土壤 pH 第一年和第三年高于绿肥死覆盖土壤。20-40cm 土层中, 除第二年外, 各处理的 pH 均显著高于对照, 说明间作绿肥可显著改善酸性土壤的酸度。

表 6 各处理不同年份土壤 pH

Table 6 Soil pH of different treatments in different experiment years

处理	土层	第一年	第二年	第三年
Treatment	Soil depth (cm)	Year1	Year2	Year3
CK		5.57±0.18a	4.99±0.09b	4.85±0.19d
死覆盖 Mulch	0-20cm	4.98±0.32c	5.37±0.33a	5.55±0.32ab
压青 Incorporation		5.29±0.24abc	5.31±0.20ab	5.73±0.66a
CK		5.10±0.017bc	5.09±0.032ab	5.04±0.13cd
死覆盖 Mulch	20-40cm	5.32±0.44abc	5.17±0.071ab	5.25±0.09bc
压青 Incorporation		5.47±0.95ab	4.98±0.075b	5.22±0.065bc

注 (Note): CK—只种椰树, 同列字母表示同一年不同处理中差异显著性的比较。

Note: CK -- only planted coconut trees. The letters in the same column represent the comparison of the significance of differences among different treatments in the same year.

## 3 讨论与结论

椰子作物我国主要的热带作物, 在海南等热区广泛种植, 相比其他热带作物, 椰子的株行距比较大, 椰子园特别是幼龄椰子园下存在大量的林下空地, 并且光线条件良好。如果不用, 将会导致椰子园中杂草丛生, 在山区还容易导致水土流失, 为此, 如何充分利用椰子园中的林下资源成为椰子产业健康稳定发展的主要问题, 再加上我国南方土壤多为砖红壤等酸性土壤, 土壤普遍存在有机质、氮磷钾等矿质养分缺乏以及土壤酸度高, 铝毒等问题。这些问题的有效解决必将有力推动我国椰子产业的发展以及南方农业生态环境问题的改善。间作柱花草等豆科绿肥是解决这一问题的有效途径。本研究的结果表明, 施用绿肥后能有效提升土壤肥力, 提升土壤 pH, 改善土壤酸度, 同时, 本研究的结果还表明, 间作柱花草绿肥后, 土壤肥力显著提升。国外学者的椰园间作试验结果则表明, 作为豆科绿肥, 柱花草具有固氮作用, 如果对椰树与绿肥施足肥, 就不存在对养分的竞争<sup>[9][10][11]</sup>。这可能是因为绿肥中的灰碱影响了土壤的 pH, 一些学者认为植物材料中的灰碱可以导致土壤 pH 的上升<sup>[12,13]</sup>。施用柱花草绿肥后有效磷含量三年都高于初始土壤, 在第一年提升较大, 但后两年含量逐渐降低, 这可能与绿肥磷含量较少有关, 如果后续不继续施用含磷化肥, 椰树的吸收消耗会使土壤有效磷含量减少。对速效钾含量的提升效果较大, 还能有效提高有机质和碱解氮的含量, 施用豆科绿肥能有效增加土壤碳储存这与 Xavier 等的研究一致<sup>[14]</sup>, 张曦慧等人的研究<sup>[15]</sup>还表明间作绿肥模式相较于传统单作模式, 能有效提高土壤有机碳含量。在有机质、水解性氮、有效磷和 pH 上, 绿肥压青的效果要好于绿肥死覆盖。相较于绿肥死覆盖, 绿肥压青能充分有效的利用绿肥, 覆盖处理会使作物残体本身含水量降低, 相较于压青处理其更难以接触土壤微生物和水分有机, 物残体的分解速率低于直接翻压入土处理<sup>[16]</sup>。0-20cm 土层中的有机质、水解性氮、有效磷、速效钾浓度要高于 20-40cm 土层中的浓度。在对作物的影响上, 有研究表明绿肥压青还田可以改善田间通透度, 给与作物更好的生长条件。

另一方面,绿肥压青还田还能提供大量的养分,有利于作物生长<sup>[17]</sup>。此外,本研究的结果还表明,柱花草绿肥压青的效果要好于死覆盖,其原因很有可能在于,压青后,绿肥翻埋入土,相比直接在地表覆盖,能够更有效保持土壤养分以及增加土壤碳固持。有研究表明<sup>[18]</sup>,相比绿肥压青死覆盖管理将会使得绿肥中的氮等矿质养分超过 50%损失掉不能被作物吸收利用。

#### 参考文献:

- [1] 姜建荣,熊丽红. 宁蒗县冬季绿肥种植现状及发展对策[J]. 农业开发与装备, 2014(01): 56.
- [2] Jiang J R, Xiong L H. Current situation and development countermeasures of green manure cultivation in winter in Ninglang Yi Autonomous County [J]. Agricultural Development and equipment, 2014(01): 56.
- [3] Kim Y S, Yun G S, Jeon Y M, *et al.* Effects of winter cultivation of green manure crop and application of organic resources on watermelon yield and soil physico- chemical properties in greenhouse[J]. 2019, 52(4): 530 - 540
- [4] 赵松林. 椰子综合加工技术[M]. 中国农业出版社, 2007.  
Zhao S L. Comprehensive Processing Technology of coconut [M]. China Agricultural Publishing House, 2007.
- [5] 王萍,刘立云,董志国,等. 不同品种嫩果椰水主要品质性状、矿质元素含量分析[J]. 果树学报, 2008, 25(004): 601-603.  
Wang P, Liu L Y, Dong Z G, *et al.* Characteristics and mineral elements of tender coconut water in different Coconut (*Cocos nucifera* L.) cultivars [J]. Journal of Fruit Science, 2008, 25(004): 601-603.
- [6] 唐龙祥,马子龙. 通过间种套种解决椰子因短期效益不佳的矛盾[J]. 热带作物科技, 1999(2): 24-26.  
Tang L X, Ma Z L. Solve the contradiction of poor short-term benefit of coconut by interplanting [J]. Tropical Crop Science and Technology, 1999(2): 24-26.
- [7] 周颜. 橡胶园间作不同柱花草后土壤肥力变化研究[D]. 南京农业大学, 2018.  
Zhou Y. The soil fertility changes in young rubber plantations after different *Stylosanthes* intercropping [D]. Nanjing Agricultural University, 2018.
- [8] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 中国农业科技出版社, 2000.  
Lu R K. Analytical Methods of soil agrochemistry [M]. China Agricultural Science and Technology Publishing House, 2000.
- [9] 杨舒媛,张黎黎,许燕琳,等. 沔河流域不同土地利用方式对土壤有机质的影响[J]. 安徽农学通报, 2021, 27(08): 118-121.  
Yang S Y, Zhang L L, Xu Y L, *et al.* Effects of different land use types on soil organic matter in Benghe river basin [J]. Anhui Agricultural Science Bulletin, 2021, 27(08): 118-121.
- [10] Fernandez D E F. 椰子园内种植牧草[M]. 陈美华译. 热带作物译丛, 1981(6): 31-36.  
Fernandez D E F. Pasture is grown in the coconut garden [M]. Translated by Chen M H. Tropical Crops Translation Cluster, 1981(6): 31-36.
- [11] Sefanaia S, Chandra S. Etherington D M. Review of recent research on intercropping under coconuts [J]. Fiji Agricultural Journal, 1982, 44(1): 31-36.
- [12] Stephen G R. Grass-Cattle-Coconut System. FAO Fiekl Operations Division [J]. Technical Operation Dept, 1995: 476-479.
- [13] Pocknee S, Sumner M E. Cation and nitrogen contents of organic matte determine its soil liming Potial. Soil Science Society of America Journal, 1997, 86-92
- [14] Wong M T F, Gibbs P, Nortcliff S, Swift RS. Measurement of the acid neutralizing capacity of agroforestry tree prunings added to tropical soils. The Journal of Agricultural of Agricultural Science, 2000, 134: 269-276.
- [15] Xavier F A da S, Maia S M F, Ribeiro KA, *et al.* Effect of cover plants on soil C and N dynamics in different soil management systems in dwarf cashew culture [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2013, 165: 173-183.
- [16] 张曦慧,车宗贤,张久东. 玉米间作绿肥对土壤呼吸及土壤有机碳的影响[J]. 国土与自然资源研究, 2021(04): 75-79.  
Zhang X H, Che Z X, Zhang J D. Effects of inter-cropped corn with green manures on soil respiratory rates and soil organic carbon [J]. Territory & Natural Resources Study, 2021(04): 75-79.
- [17] 姚致远,王峥,李婧,等. 轮作及绿肥不同利用方式对作物产量和土壤肥力的影响[J].应用生态学报, 2015, 26(08): 2329-2336.

Yao Z Y, Wang Z, Li J, *et al.* Effects of rotations and different green manure utilizations on crop yield and soil fertility [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(08): 2329-2336.

[18] 苏利荣, 谭裕模, 何铁光, 等. 新植蔗间作不同绿肥压青还田的试验研究及经济效益分析[J]. 热带作物学报, 2021, 42(03): 747-753.

Su L R, Tan Y M, He T G, *et al.* Experimental study and economic benefit analysis of different green manures intercropping and green manure returning in newly planted sugarcane [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(03): 747-753.

[19] Clark A. Managing Cover Crops Profitably (3<sup>rd</sup> edition) [M]. The Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD, 2007.

# 剑麻园间种平托花生改良土壤增效试验示范报告

赖荣光<sup>1</sup>, 黄标<sup>1\*</sup>, 骆争明<sup>2</sup>, 余龙<sup>1</sup>, 郭成财<sup>1</sup>, 黎陞成<sup>1</sup>, 文尚华<sup>2</sup>

1 广东农垦东方红农场有限公司, 广东雷州 524251

2 广东省湛江农垦集团有限公司, 广东湛江 524200

## 摘要:

假花生(平托花生)豆科绿肥在剑麻园间种于2017年试种成功后,2018~2019年在东方红农场及火炬农场示范推广500多亩,并继续对假花生培肥地力、改善生态环境等系列效果效益进行试验研究。结果表明:剑麻园套种假花生豆科绿肥可保障生物多样性,培肥地力,改善土壤环境,缓解土壤酸化程度,土壤有益微生物数量极显著增加;地上部有利天敌大量繁衍,减轻病虫害;假花生覆盖大行达90%以上,减轻杂草危害达50%以上;促进产量大幅度提高,并实现减肥减药,促进生态良性循环。

关键词:剑麻;间种平托花生;改良土壤

## 引言

2016年至2017年,针对剑麻生产有机肥投入难、地力下降、土壤酸化严重、生态环境日渐变差的情况,我们与中国热带农业科学院环境与植物保护研究所共同研讨,达成共识:目的是于剑麻园引进套种一种豆科绿肥,既保障生物多样性,又培肥地力,改善生态环境,减少农药使用量,且促进剑麻抗性、产量及效益的提高,经过大量的调查研究,最终确定选用平托花生(假花生)、柱花草、广金钱草3种豆科植物。经过2016~2017年于湛江农垦东方红农场农科所16-4东地号的麻田试验,筛选出适宜本地麻园套种的假花生,其较耐干旱、低温及强酸性土壤;广金钱草易遭鼠害,老鼠把广金钱草头部吃掉,致地上部凋萎干枯,且广金钱草生物量不大,培肥地力欠佳;柱花草生物量较大,可培肥地力,且可减少剑麻粉蚧虫危害,但其易攀延到剑麻植株上,与剑麻争抢光照等,另外冬季难避过寒害。

假花生于2017年试种成功后,2018~2019年在东方红农场及火炬农场示范推广,面积达到500多亩,并试验研究出假花生培肥地力、改善生态环境等系列效果效益<sup>[1]</sup>:生长最旺期可使剑麻园的假花生豆科绿肥回田达37500~45000kg(鲜重)/hm<sup>2</sup>,其覆盖大行厚度达35cm,有效解决施用有机肥难的问题【但要及时粉碎回田,以培肥地力,以免造成疯长消耗地力】;缓解土壤酸化程度,可使pH值提高0.5~0.6个单位;极显著提高土壤根际微生物(真菌、细菌、放线菌)数量;土壤有机质、交换性镁显著增加;保障生物多样性,有利天敌大量繁衍,剑麻粉蚧虫极显著减少;减少水土流失和使容重减少,增强土壤透气性,有利根系吸收水肥;假花生覆盖大行达90%以上,减少杂草危害达50%以上;可大幅度减少农药使用量;可大幅度促进剑麻抗性、产量及效益的提高。若剑麻园套种假花生豆科绿肥,结合应用配套集成技术,便可达到预期效果,有利于剑麻产业健康安全和可持续发展。

## 1 假花生绿肥的地上部生物量及养分含量与积累量

### 1.1 材料与方法

#### 1.1.1 材料

间套种于广东省湛江农垦东方红农场农科所16-4东地麻园(2016年7月27日间套种)及该场6队(原5队)25号地(2018年6月间套种)的假花生(平托花生,下同)。

#### 1.1.2 测定内容及方法

2018年12月3日在广东省湛江农垦东方红农场农科所16-4东地麻园,每个重复随机收割3个点,每个点收割1平方米的假花生绿肥,并称鲜重测产(即每个重复为3个点的平均数),12月3日测产时为冬季,但假花生在生长旺季(即生物量最大)是在本地的8~9月份(雨季)。

2020年8月20日在广东省湛江农垦东方红农场6队(原5队)25号地收割假花生绿肥,每个小区随

机取 3 个点，每个点收割约 100g，混合成 1 个样（折合取假花生豆科绿肥

备注：

**资助项目** 中央财政国家重点研发计划项目子课题（剑麻化肥农药减施增效技术示范）。

**作者简介** 赖荣光，男，汉族，高级农艺师，研究方向为农业生产技术管理与推广。

**通讯作者** 黄标，男，汉族，推广研究员，研究方向为农业生产技术管理与推广。E-mail: dfhnk496@163.com。

鲜样约 300g），置于 105℃烘箱中杀青 30min，然后在 65℃条件下烘干，称干物质重。干样研磨过筛，用于养分元素含量的测定。测定方法：全氮（N）用凯氏定氮法，全钾（K）、全钙（Ca）、全镁（Mg）用电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS），全磷（P）用电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）。

### 1.1.3 数据分析

数据用 office 软件进行整理。

## 1.2 结果与分析

### 1.2.1 假花生绿肥的地上部生物量

表 1 可见，假花生豆科绿肥地上部鲜重为 38500.00kg/hm<sup>2</sup>（采用麻园不同部位粉碎回田 2 次，效果更明显<sup>[2]</sup>），干物质含量为 21.2%，地上部干重为 8162.00kg/hm<sup>2</sup>。

**表 1 假花生豆科绿肥地上部鲜重和干重**

重复	地上部鲜重 (kg/hm <sup>2</sup> )	干物质含量 (%)	地上部干重 (kg/hm <sup>2</sup> )
I	27666.67	19.96	5865.33
II	29500.00	22.87	6254.00
III	58333.33	20.77	12366.67
平均	38500.00	21.20	8162.00

注：1. 地上部鲜重为广东省湛江农垦东方红农场农科所 16-4 东号地麻园套种的假花生；

2. 干物质含量为广东省湛江农垦东方红农场 6 队（原 5 队）25 号地套种的假花生；

3. 地上部干重=表中“地上部鲜重”×干物质含量 21.2%。

### 1.2.2 假花生绿肥的养分含量及养分积累量

由表 2、表 3 可见，假花生豆科绿肥的氮、钙含量较高，分别为 2.78%、2.28%，养分积累量也是氮、钙积累量较高，分别为 226.90 kg/hm<sup>2</sup>、186.37 kg/hm<sup>2</sup>。每亩剑麻套种假花生豆科绿肥的面积约为 0.48 亩，若定期粉碎假花生豆科绿肥回田，可相当于亩增施尿素 15.78kg。若在生长旺季时回田，可获得的生物量更大，即假花生豆科绿肥鲜 37500~45000kg/hm<sup>2</sup>。

**表 2 假花生绿肥的养分含量**

重复	氮 (%)	磷 (%)	钾 (%)	钙 (%)	镁 (%)
I	2.94	0.26	1.92	2.06	0.477
II	2.64	0.27	1.70	2.27	0.440
III	2.76	0.25	1.73	2.52	0.629
平均	2.78	0.26	1.78	2.28	0.515

注：养分含量为广东省湛江农垦东方红农场 6 队（原 5 队）25 号地套种的假花生。

表 3 假花生绿肥的养分积累量

重复	氮 (kg/hm <sup>2</sup> )	磷 (kg/hm <sup>2</sup> )	钾 (kg/hm <sup>2</sup> )	钙 (kg/hm <sup>2</sup> )	镁 (kg/hm <sup>2</sup> )
I	239.96	21.30	156.71	168.14	38.933
II	215.48	22.20	138.75	185.28	35.913
III	225.27	20.00	141.20	205.68	51.339
平均	226.90	21.17	145.56	186.37	42.062

注: 1. 养分积累量为广东省湛江农垦东方红农场 6 队 (原 5 队) 25 号地套种的假花生。

2. 表中养分积累量=表 2 的养分含量×地上部干重 8162.00 kg/hm<sup>2</sup>。

## 2 套种假花生绿肥对麻园土壤性状的影响

### 2.1 材料与方法

#### 2.1.1 材料

套种于广东省湛江农垦东方红农场 5 队 99 号地 (2018 年 6 月套种) 的假花生。

#### 2.1.2 测定内容及方法

土壤样品采集: 2020 年 9 月在广东省湛江农垦东方红农场 5 队 99 号地多点 (具体为套种假花生及 CK 均取 3 次重复) 采集 0~20cm、20~40cm、40~60cm 3 个层次土壤样品, 测养分的每个重复采用多点采样, 并对同一层次的土壤现场混合成一个样品。测土壤容重、土壤含水量的样品按 NY/T 1121.4-2006 的方法采集 0~20cm、20~40cm、40~60cm 3 个层次土壤样品, 鲜土用密封袋封装。采样位置均避开施肥点。

土壤容重测定方法参照 NY/T 1121.4-2006; 土壤含水量测定方法参照 NY/T 1121.3-2006 附录 A; 土壤有机质用重铬酸钾-浓硫酸外加热 (石蜡油浴) 法-硫酸亚铁滴定法测定; 水解性氮用 0.01mol/L CaCl<sub>2</sub> 溶液浸提, 用连续流动分析仪上机测定; 速效磷采用 0.03mol/L NH<sub>4</sub>F-0.025mol/L HCl 浸提-钼锑抗比色法; 有效钾采用 NH<sub>4</sub>OAC 浸提-火焰光度法; 交换性钙镁用 1mol/L 中性醋酸铵提取-原子吸收法测定; 土壤 pH 值采用无 CO<sub>2</sub> 水, 液土比 2.5: 1, pH 计电位法测定。

#### 2.1.3 数据分析

采用 office 软件和 SPSS 20.0 进行数据分析和差异显著性检验。

### 2.2 结果与分析

#### 2.2.1 套种假花生绿肥对土壤含水量及容重的影响

表 4 可见, 套种假花生处理的土壤含水量与 CK (不套种假花生, 下同) 无显著差异, 其略低于 CK 可能与近期刚下雨及假花生绿肥正处于生长旺季需要吸收大量的水分有关。

表 5 可见, 套种假花生处理 0~20cm、20~40cm、40~60cm 的容重分别比 CK 少 10.2%、1.45%、3.44%, 即土壤相对疏松, 增强土壤透气性, 有利根系生长及吸收水肥, 但经方差分析, 差异不显著, 可能回田时间尚短, 未能呈现显著成效。

表 4 套种假花生对不同深度土壤含水量的影响

地号	处理	土壤深度 (cm)					
		0~20		20~40		40~60	
5 队 99 号地	CK	19.10±0.42	Aa	20.85±0.41	Aa	23.21±0.46	Aa
	假花生	18.47±0.05	Aa	19.52±0.36	Aa	22.20±0.57	Aa

注: 不同大写字母表示差异显著, 不同小写字母表示差异极显著。



表 5 套种假花生对不同深度土壤容重的影响

地号	处理	土壤深度 (cm)					
		0~20		20~40		40~60	
5 队 99 号地	CK	1.4173±0.0620	Aa	1.3773±0.0312	Aa	1.3097±0.0409	Aa
	假花生	1.2727±0.0209	Aa	1.3573±0.0343	Aa	1.2647±0.0133	Aa

注: 不同大写字母表示差异显著, 不同小写字母表示差异极显著。

### 2.2.2 套种假花生绿肥对土壤养分的影响

表 6 可见, 套种假花生处理的 0~20cm 土层有机质、交换性镁含量均显著高于 CK; 套种假花生的田块 0~20cm 土层, 其 pH 值明显大于 CK, 其可缓解土壤酸化程度达 0.6 个单位, 但差异未达显著水平。

表 6 套种假花生绿肥对不同深度土壤养分的影响

土壤深度	处理	重复	有机质 (g/kg)	水解性氮 (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	交换性钙 (mg/kg)	交换性镁 (mg/kg)	pH						
0~20cm	①套种假花生	I	25.2	256	46.20	81.4	1529.53	132.61	6.4						
		II	26.1	261	55.90	72.8	1426.08	115.48	6.4						
		III	23.7	264	36.60	226.0	965.55	79.42	5.6						
		平均	25.0	Aa	260	Aa	46.23	Aa	126.7	Aa	1307.05	Aa	109.17	Aa	6.1
	②CK	I	20.6	249	13.70	103.0	1015.68	49.75	5.7						
		II	22.9	274	56.20	114.0	986.55	41.87	5.5						
		III	20.6	261	22.90	79.9	972.18	58.03	5.4						
		平均	21.4	Ba	261	Aa	30.93	Aa	99.0	Aa	991.47	Aa	49.88	Ba	5.5
20~40cm	①套种假花生	I	20.0	246	7.86	50.5	824.85	44.71	5.3						
		II	19.3	287	18.00	37.3	506.15	15.55	5.1						
		III	19.3	283	4.32	31.3	516.98	16.99	5.1						
		平均	19.5	Aa	272	Aa	10.06	Aa	39.7	Aa	615.99	Aa	25.75	Aa	5.2
	②CK	I	15.5	225	0.90	107.0	663.15	27.30	5.1						
		II	21.2	277	22.40	68.8	609.25	29.90	5.1						
		III	20.1	238	1.81	183.0	979.05	17.47	5.5						
		平均	18.9	Aa	247	Aa	8.37	Aa	119.6	Aa	750.48	Aa	24.89	Aa	5.2
40~60cm	①套种假花生	I	14.6	252	1.03	25.3	557.58	13.61	5.1						
		II	15.7	300	2.12	25.4	419.83	10.74	5.1						
		III	15.0	218	1.33	46.5	566.30	15.91	5.1						
		平均	15.1	Aa	257	Aa	1.49	Aa	32.4	Ba	514.57	Aa	13.42	Aa	5.1
	②CK	I	15.5	226	0.78	73.1	642.90	18.58	5.2						
		II	17.3	259	4.46	65.5	514.68	8.58	4.9						

		III	15.2		225		2.17		99.2		446.40		15.75		4.9	
		平均	16.0	Aa	237	Aa	2.47	Aa	79.3	Aa	534.66	Aa	14.30	Aa	5.0	Aa

注：不同大写字母表示差异显著，不同小写字母表示差异极显著

### 3 套种假花生绿肥对麻园土壤微生物数量的影响

#### 3.1 材料与方法

##### 3.1.1 试验地点

广东省湛江农垦东方红农场 5 队 99 号地，2018 年 6 月套种假花生。

##### 3.1.2 测定内容及方法

土壤样品采集：2019 年 9 月在广东省湛江农垦东方红农场 5 队 99 号地采集土壤样品，套种假花生及 CK 均取 3 次重复的土壤样，鲜土用密封袋封装，放入 4℃冰箱保存。

测定土壤微生物数量采用微生物平板计数法。

##### 3.1.3 数据分析

采用 office 软件和 SPSS 20.0 进行数据分析和差异显著性检验。

#### 3.2 结果与分析

##### 3.2.1 套种假花生绿肥对麻园土壤微生物数量的影响

表 7 可见，套种假花生豆科绿肥处理的真菌数量、细菌数量、放线菌数量均极显著多于 CK（不套种假花生），即套种假花生豆科绿肥可极显著改善根际环境。

表 7 套种假花生豆科绿肥对土壤微生物数量的影响 ( $\times 10^3 \text{cfu/g}$ )

地点	处理	真菌		细菌		放线菌	
5 队 99 号地	CK	4.14	b B	455.00	b B	69.30	b B
	假花生	23.70	a A	1490.00	a A	257.00	a A

注：不同大写字母表示差异显著，不同小写字母表示差异极显著。

### 4 套种假花生绿肥的绿色防控效应

#### 4.1 材料与方法

##### 4.1.1 试验地点

广东省湛江农垦东方红农场 5 队 99 号地，2018 年 6 月套种假花生；广东省湛江农垦东方红农场 5 队 100 号地不套种假花生，与套种假花生的 5 队 99 号地为相邻田块（距离约 8m），麻龄、地势等条件较一致。

##### 4.1.2 测定内容及方法

2020 年 12 月 16 日（剑麻粉蚧暴发期）调查广东省湛江农垦东方红农场 5 队 99 号地、100 号地的剑麻粉蚧虫口密度，每块地调查 3 单行（采用对角线法，即 1 行南入 1/3 处、1 行北入 1/3 处、1 行为中间处）各连续调查 10 株。

##### 4.1.3 数据分析

采用 office 软件和 SPSS 20.0 进行数据分析和差异显著性检验。

#### 4.2 结果与分析

##### 4.2.1 套种假花生绿肥对麻园剑麻粉蚧虫口密度的影响

表 8 可见，套种假花生的虫口为 11.6 头/株，不套种假花生的虫口为 85.67 头/株，套种假花生的虫口显著小于不套种假花生的处理。套种假花生豆科绿肥，保障生物多样性，改善生态环境，促进天敌（丽草蛉等）大量繁衍，减轻病虫害。

表 8 套种假花生豆科绿肥对剑麻粉蚧虫口的影响

处理	重复	粉蚧虫口 (头/株)
5 队 99 号地 (套种假花生)	I	9.30
	II	22.50
	III	3.00
	平均	11.60 Ba
5 队 100 号地 (不套种假花生)	I	127.90
	II	113.60
	III	15.50
	平均	85.67 Aa

注：不同大写字母表示差异显著，不同小写字母表示差异极显著。

## 5 套种假花生绿肥对剑麻生长的影响

### 5.1 材料与方方法

#### 5.1.1 试验地点及剑麻品种

2016 年 7 月 27 日在广东省湛江农垦东方红农场农科所 16-4 东号地新种麻园实施套种绿肥试验，2018 年 6 月在广东省湛江农垦东方红农场 5 队 99 号地实施套种绿肥试验。种植的剑麻品种均为 H-11648 麻大田筛选出的抗紫色卷叶病麻苗。

#### 5.1.2 调查方法

2017 年 5 月 24 日农科所 16-4 东号地剑麻园调查基本封行，便测定剑麻叶片的叶长、叶宽、单叶重和标记增叶基数等指标；2017 年 8 月 29 日调查剑麻生长效应及测产。

2020 年 12 月调查 5 队 99 号地剑麻生长效应及测产。

#### 5.1.3 数据分析

采用 office 软件和 SPSS 20.0 进行数据分析和差异显著性检验。

### 5.2 结果与分析

#### 5.2.1 套种假花生绿肥对剑麻生长的影响

表 9 可见，套种假花生处理的净增产比 CK 高 42.94%，但差异未达显著水平，可能粉碎回田次数少及回田时间尚短，未呈现显著效果。

表 9 套种假花生豆科绿肥对剑麻的影响

处理	重复	叶长 (cm)			叶宽 (cm)			单叶重 (kg)			增叶	净增产(kg/亩)	与 CK 亩增减(±%)
		2017.5.24	2017.8.29	净增减 (cm)	2017.5.24	2017.8.29	净增减 (cm)	2017.5.24	2017.8.29	净增减 (kg)	2017.8.29		
①假花生	I	80.6	78.1	-2.5	8.66	10.46	1.8	0.21	0.276	0.066	20.6	381.64	80.7
	II	83.34	80.8	-2.54	8.84	9.9	1.06	0.22	0.272	0.052	20.5	299.23	50.04
	III	81.65	81.1	-0.55	8.94	9.7	0.76	0.22	0.268	0.048	20.5	276.21	-1.91
	平均	81.86	80	-1.86	8.81	10.02	1.21	0.217	0.272	0.055	20.53	319.03Aa	42.94
④CK	I	85.3	80.1	-5.2	9.05	10.43	1.38	0.25	0.286	0.036	20.9	211.2	/
	II	74.9	78.3	3.4	8.87	9.95	1.08	0.23	0.265	0.035	20.3	199.44	/
	III	82.8	79.5	-3.3	9.18	10.1	0.92	0.23	0.278	0.048	20.9	281.6	/
	平均	81	79.3	-1.7	9.03	10.16	1.13	0.237	0.276	0.04	20.7	230.75Aa	/

注：不同大写字母表示差异显著，不同小写字母表示差异极显著。

表 10 可见，套种假花生的处理比 CK 亩增产 21.75%，但差异未达显著水平，可能也是与粉碎回田次数少及回田时间尚短，未呈现显著效果。

表 10 套种假花生豆科绿肥对剑麻的影响

处理	重复	实施前 (2019 年 12 月)	实施后						
			2020 年				2020 年 12 月测产		
		单叶重 (kg)	1~3 月 增叶	4~9 月 增叶	10~12 月 增叶	增叶 合计	单叶重 (kg)	亩产 (kg)	比 CK 亩增产 (%)
示范区	I	0.36	9.44	25.78	16.22	51.44	0.433	6014	9.97
	II	0.32	9.7	27.5	16.3	53.5	0.38	5489	23.38
	III	0.34	9.6	26.8	16.5	52.9	0.42	5999	31.90
	平均	0.34	9.58	26.69	16.34	52.61	0.411	5834 Aa	21.75
CK	I	0.35	10.4	28.8	16.6	55.8	0.363	5469	/
	II	0.30	10.1	26.2	14.4	50.7	0.325	4449	/
	III	0.31	8.6	26.8	15.8	51.2	0.329	4548	/
	平均	0.32	9.70	27.27	15.60	52.57	0.339	4822 Aa	/

注：不同大写字母表示差异显著，不同小写字母表示差异极显著。示范区除了套种假花生，施肥方法及数量与 CK 一致。

此外，经调查套种假花生处理的假花生覆盖率达 90%以上，杂草危害减少 50%以上。

## 6 结论

综上所述可见，剑麻园套种假花生豆科绿肥可保障生物多样性，培肥地力，改善土壤环境，缓解土壤酸化程度，土壤有益微生物数量极显著增加；地上部有利天敌大量繁衍，减轻病虫害；假花生覆盖大行达 90%以上，减轻杂草危害达 50%以上；促进产量大幅度提高，并实现减肥减药，促进生态良性循环。

## 7 建议

7.1 剑麻减肥减药栽培技术，应用剑麻园套种假花生豆科绿肥，要根据假花生覆盖情况及时利用粉碎绿肥不同部位的合适机械粉碎绿肥回田【可保留绿肥种源，种 1 次可获益至剑麻淘汰为止（约 12 年）】，并在粉碎回田处应用多功能施肥机实施边深松开沟边施肥覆土，至少可减少 25%的尿素投入；减少 30%~50%的除草（化除）农药的使用量。

7.2 紫色卷叶病疫区种植于 H·11648 麻筛选的抗紫色卷叶病种苗，平均每年仅需在秋末至冬春剑麻粉蚧虫暴发初期喷药 1~2 次便可有效控制紫色卷叶病危害，且农药使用量比种植非抗性苗减少农药使用量达 50%以上。

7.3 实施测土配方施肥，合理增施有机肥，施用土壤改良剂，以治理土壤酸化问题；补施剑麻植株较缺乏或不足的中微量元素肥，以提高抗性及产量。保障提高肥料利用率，减少盲目施肥所造成的肥料浪费及不利剑麻植株的正常生长、造成减产、环境污染等。

7.4 综合防治剑麻斑马纹病、剑麻茎腐病、剑麻粉蚧虫等，以预防为主，尤其是提高抗性；建立主要病虫害监测与防控体系，药剂防治与预警有机结合，保障准确、高效防控剑麻病虫害，减少农药使用量达 30%以上，确保生态友好，促进剑麻产业持续发展。

通过应用上述集成技术，便可保障剑麻化肥农药减施增效技术的应用，促进剑麻种植呈良性循环，剑麻产业呈安全健康持续发展。

参考文献

- [1]黄标,夏李虹,黄路妍,李江平,黎陞成,赵家流,范志伟,易克贤,文尚华. 剑麻园绿色轻简高产高效栽培技术研究示范推广[A]. 中国热带作物学会 (Chinese Society for Tropical Crops). 做强做优热带高效农业 服务热区乡村振兴——2018 年全国热带作物学术年会论文集[C].中国热带作物学会 (Chinese Society for Tropical Crops):中国热带作物学会,2018:1.
- [2]黄标, 赖荣光, 黄香武, 文尚华, 黎陞成, 赵家流, 戚强, 余龙, 黄秋源.广东剑麻农业机械化历程及发展建议[A]. 中国热带作物学会·助力科技经济融合发展 促进国际国内双向循环——2020 年全国热带作物学术年会论文集[C].中国热带作物学会,2020: 10

# 可可毛色二孢菌 (*Lasiodiplodia theobromaea*) 中植物激素种类及含量

屈湘乡<sup>1,2</sup>, 高兆银<sup>1</sup>, 胡美姣<sup>1</sup>, 王舒敏<sup>1,2</sup>, 王伟博<sup>1,3</sup>, 李敏<sup>1\*</sup>

1 中国热带农业科学院, 环境与植物保护研究所, 海南海口 571101

2 海南大学, 生命科学学院, 海南海口 57028

3 海南大学, 植物保护学院, 海南海口 57028

**摘要** 可可毛色二孢菌 (*Lasiodiplodia theobromaea*) 是引起芒果、龙眼、番木瓜等热带水果贮藏期腐烂的重要病原菌之一, 可造成严重经济损失。同时该菌能产生大量不同类别的次生代谢产物, 如二酮哌嗪类、茉莉酸类 (JAs)、内酯、多糖等。其中 *L. theobromaea* 产茉莉酸类 (JAs) 激素的合成途径及其发酵条件等是近年来研究热点之一。然而目前对 *L. theobromaea* 产其它植物激素种类、产量及发酵条件、作用等研究尚不明确。本文以发病芒果分离鉴定的 1 株 *L. theobromaea* 菌株为研究材料, 采用超高效液相色谱-串联质谱法 (LC-MS) 检测了 *L. theobromaea* 发酵液及菌丝中植物激素种类及含量, 结果表明, 28°C 条件下, PDB 培养液培养 10 d, *L. theobromaea* 发酵液及菌丝中检测到茉莉酸甲酯 (MeJA)、水杨酸 (SA)、细胞激动素 (6-KT)、吲哚乙酸 (IAA)、赤霉素 (GA<sub>3</sub>)、玉米素 (CZ) 及脱落酸 (ABA) 7 种植物激素。其中发酵液中 IAA 含量最高, 为 65.41 μg/ml; 其它依次是 6-KT, 19.99 μg/ml; ABA, 12.73 μg/ml; MeJA, 8.81 μg/ml; SA, 6.36 μg/ml; GA<sub>3</sub>, 5.26 μg/ml; CZ, 1.16 μg/ml。菌丝中 CZ 含量最高, 为 64.27 μg/ml; 其它依次是 IAA, 42.73 μg/ml; SA, 25.51 μg/ml; 6-KT, 22.46 μg/ml; ABA, 9.37 μg/ml; MeJA, 2.78 μg/ml; GA<sub>3</sub>, 2.38 μg/ml。植物激素在调节植物各种生长发育过程和环境的应答中发挥重要作用, 本研究为进一步开展植物激素在病原菌与寄主互作应答机制研究种提供了理论依据和数据支撑。

**关键词** 可可毛色二孢; 发酵液; 植物激素; 超高效液相色谱-串联质谱法

## 龙血树叶斑病病原菌的鉴定

王舒敏<sup>1,2</sup>, 李敏<sup>1</sup>, <sup>1,2</sup>高兆银<sup>1</sup>, 弓德强<sup>1</sup>, 胡美姣<sup>1\*</sup>, 屈湘乡

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南海口 571101

2 海南大学生命科学学院, 海南海口 570228

**摘要** 龙血树 (*Dracaena draco*) 是珍贵的南药树种之一。从龙血树分泌的树脂可提取中药血竭。因其具有广泛的药理作用, 如促进血液循环、肌肉再生、消肿止痛、止血等功效, 正受到世界各国的广泛关注。此外, 龙血树株形优美规整, 成活率高, 是热带亚热带地区优良的园林绿化植物。笔者在海南省三沙市永兴岛进行植物病害调查时发现, 龙血树有一种叶斑病发生严重, 症状表现为病部初期褐色点状斑点, 后扩展为黑褐色水渍状近圆形或不规则形病斑, 病斑凹陷。采用组织分离法, 致病性测定 (科赫法则确认), 共分离保存 2 株病原菌菌株, 编号分别为 YXD-2108-1、YXD-2108-2。2 菌株在 28 °C 下 PDA 培养基上培养, 生长速度较快, 3 d 后菌落直径可达 9 cm, 菌落圆形, 边缘整齐, 呈白色, 气生菌丝绒毛状, 后期培养基背面呈浅黄色。分生孢子为单孢, 无色、两端钝圆的圆柱形, 大小为 7.45 - 12.34  $\mu\text{m}$   $\times$  2.97 - 4.61  $\mu\text{m}$ , 初步鉴定该病原菌为刺盘孢属 (*Colletotrichum* sp.)。对 2 株病原菌的核糖体内转录间隔区 (ITS)、肌动蛋白基因 (ACT)、几丁质合成酶 (CHS)、 $\beta$ -微管蛋白 (TUB) 和甘油醛-3-磷酸脱氢酶蛋白 (GAPDH) 基因片段进行了测序, 并经 NCBI 数据库 BLAST 分析发现, 该菌株的 5 组基因序列与暹罗刺盘孢 (*Colletotrichum siamense*) 先关序列的同源性均在 98.5% 以上, 根据形态学特征和 BLAST 综合分析结果, 将该菌鉴定为暹罗刺盘孢 (*C. siamense*)。

**关键词** 龙血树; 炭疽病; 暹罗刺盘孢 (*Colletotrichum siamense*)

# 耐铝菌 A14 在砖红壤中的定殖规律及不同外源有机酸对其铝毒的缓解作用研究

李怡<sup>1,2</sup>, 邓晓<sup>1,2</sup>, 吴东明<sup>1,2</sup>, 谭华东<sup>1,2</sup>, 武春媛<sup>1,2\*</sup>

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南海口 571101

2 海南省热带生态循环农业重点实验室, 海南海口 571101

**摘要** 我国酸性土壤面积约占全国土地总面积的四分之一。铝是地壳中最丰富的金属元素, 交换铝含量直接影响土壤的酸化程度, 在酸性土壤中易活化成 $Al^{3+}$ , 产生铝毒, 严重影响作物产量。有机酸可与 $Al^{3+}$ 络合形成稳定化合物, 缓解铝对植物的毒害作用, 但对微生物是否有缓解作用鲜有报道。微生物中细菌含量最大, 具有生长繁殖快等特点, 但耐铝细菌分离较难。可筛选能改善土壤生态环境的耐铝细菌, 研究其在砖红壤中的定殖规律, 选取定殖较好的菌株加以利用; 同时研究外源有机酸对菌株生长的影响, 明确其在不同有机酸环境下的耐铝能力, 为菌株应用奠定基础。以耐铝菌A14为研究对象, 测定不同时期其在砖红壤中的存活数量; 对其进行不同外源有机酸添加试验, 以此探讨有机酸在缓解菌株铝毒方面的作用。结果表明: 菌株A14接种于砖红壤7d内, 与初始接种量相比, 定殖数量稍有上升; 14d开始缓慢下降; 35d后, 仍可检测到大量标记菌株A14; 菌株A14在砖红壤中具有较好的定殖能力。有 $Al^{3+}$ 条件下, 草酸、柠檬酸对菌株A14的生长都有一定的促进作用, 表明其对菌株A14具有较为明显的铝毒缓解作用。试验结果可为菌株A14进一步应用提供理论基础。基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41701307)。

**关键词** 耐铝菌; 定殖规律; 砖红壤

**作者简介** 李怡(1986—), 女, 副研究员; 研究方向: 环境微生物学。通讯作者(Corresponding author): 武春媛(WU Chunyuan), E-mail: wuchunyuan1981@126.com。



## DOM 化学多样性与污染物络合活性的分子关联

吴东明<sup>1\*</sup>, 邓晓<sup>1</sup>, 李怡<sup>1</sup>, 武春媛<sup>1,2</sup>, 李勤奋<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101; <sup>2</sup> 国家农业环境儋州观测实验站, 海南儋州 571737;

通讯邮箱\*: wudomy@126.com。

溶解有机物 (DOM) 在环境中普遍存在, 具有较高的生物/化学活性, 可通过络合作用改变有机污染物的生物有效性、毒性、迁移性。堆肥还田、秸秆还田、土壤均是 DOM 的重要来源。苯氧羧酸类农药是一类使用量居世界第三的农药, 用于阔叶杂草的防控, 2 甲 4 氯是其本体结构农药 (MCPA)。MCPA 生物毒性强, 环境风险大, 已成为农田系统需重点关注的典型污染物。然而, 目前关于 DOM 对 MCPA 的络合活性, 及与 DOM 的化学多样性尚不清楚。从物质组成与结构等化学本质出发, 是当前环境化学领域研究的热点。基于 MCPA 极性高, 同时含有羧基、苯环的化学特性, 推测 DOM 的极性物质是与 MCPA 络合的关键组分, 极性物质间的特异性作用力、非极性物质与苯环间的非特异性作用力是络合作用发生的关键机制。

为此, 选取 MCPA 作为模式污染物, 堆肥、水稻秸秆、土壤 3 种来源 DOM 作为模式 DOM。进一步以柱层析法逐级分离获得了不同极性的 DOM 组分, 以光谱技术分析了 DOM 组分的化学多样性; 以红外光谱技术评估和考察了 DOM 极性组分与 MCPA 的络合活性及分子关联。结果表明: 中等极性的疏水性酸 (HOA) 是堆肥 DOM 的主要组分, 约占 49.6%; 低极性的亲水性物质 (HIM) 是水稻秸秆 DOM 和土壤的 DOM 的主要组分, 约占 44.2%~52.2%。不同 DOM 极性组分与 MCPA 的相互作用具有显著异质性。富含富里酸物质和极性基团的 HOA 与 MCPA 的络合作用最大, 主要通过疏水作用力、配体交换和氢键结合。疏水中性部分 (HON) 和酸不溶物 (AIM) 与 MCPA 络合作用次之, 由于含有丰富的高芳香性的腐殖酸类物质、缺少极性基团, 而导致了芳香结构受到 MCPA 羧基的约束和斥力, 妨碍了偶极间作用力的形成。HIM 因富含碳水化合物等糖类物质, 与 MCPA 的特异性和非特异性络合作用难以形成。整体上, DOM 组分中带有极性基团的芳香族骨架主导了与 MCPA 的络合作用, 最终影响了 MCPA 的可降解性、毒性和迁移性。

关键词: 溶解性有机质、极性组分、络合、特异性作用力、化学多样性

资助项目: 国家自然科学基金项目 (41371465 和 42007135)

# 石漠化综合治理效益评价—以贵州兴义市南盘江镇整村治理为例

程汉亭<sup>1\*</sup>, 周小慧<sup>1</sup>, 王晓敏<sup>2</sup>, 李勤奋<sup>1</sup>

1. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海口 571101; 2. 贵州省亚热带作物研究所, 兴义 562400

2013 年以来, 针对贵州省兴义市南盘江镇地区石漠化问题突出, 农业产业模式低效和区域贫困的问题, 由中国热带农业科学院与贵州省亚热带作物研究所联合, 在地处低热河谷地带的典型石漠化贫困村开展生态农业模式的石漠化综合治理项目。具体做法是综合治理示范村以“政府+科研+合作社+基地”为建设模式, 采用多年生、高效益、土壤扰动小的特色果树(芒果和澳洲坚果)来替代一年生、低效益、土壤扰动大的一年生粮食作物(甘蔗、玉米等), 同时在果树下间作覆盖能力强的牧草/绿肥进行水土保持和土壤培肥。经过 6 年多的治理, 石漠化综合治理示范村的生态环境得到了很大改善, 农户经济收益也得到了显著提高。

开展石漠化综合治理效益评价, 对于石漠化综合治理模式的优化和改进至关重要。本文选取石漠化问题突出的贵州省黔西南州, 以兴义市南盘江镇田房村整村推进的生态农业模式石漠化综合治理示范区为研究对象, 通过分析 2014 年、2017 年和 2020 年三年示范村的农业产业结构、产业资源发展、经济效益和生态效益, 并结合冗余分析和结构方程模型对示范区生态农业模式的石漠化综合治理进行了效益评价。结果表明: 通过整村推进的生态农业模式石漠化综合治理, 将耕地转变为园地(芒果、澳洲坚果并间作牧草或绿肥)后, 经过 6 年治理该示范区农业产业结构、产业资源发展、经济效益和生态效益均呈现向好趋势。除了农/林草面积比, 农业产业结构和产业资源发展与经济效益和生态效益之间观测指标均呈显著相关。冗余分析(RDA)显示, 果园用地比重、务工劳动力比重、务工贡献率、农场商品化产值、农/林草面积比 5 个变量是引起经济效益和生态效益变化的重要贡献因子。结构方程模型表明, 生态农业模式的石漠化治理能耦合生态环境与产业资源的协调发展。因此, 生态农业模式的石漠化综合治理能够促进经济发展和生态系统服务提升并实现有机融合。

**关键词:** 生态农业, 石漠化, 综合治理, 效益评价, 结构方程模型

基金项目: 滇桂黔石漠化地区特色作物产业发展关键技术集成示范项目(批准号: SMH2019-2021)

第一作者简介: 程汉亭(1983—), 男, 副研究员(硕士研究生), 研究方向: 石漠化综合治理与评价 研究. E-mail: hantingcheng@catas.cn

## 橡胶树死皮发生的生理与分子机制解析

刘 辉

**摘 要** 橡胶树死皮导致严重的产量和经济损失，是天然橡胶产业持续健康发展亟需解决的重大难题。为阐明橡胶树死皮发生的生理机制，通过乙烯利过度刺激采胶诱发不同等级死皮，分析了死皮发生发展过程中相关生理指标的变化规律。乙烯利过度刺激采胶会促使胶乳黄色体破裂增加、硫醇和无机磷大量外排、橡胶粒子变小，从而导致乳管系统受损与堵塞，影响橡胶生物合成和胶乳外排，表现出死皮症状。天然橡胶生产中应合理使用乙烯利刺激，避免因过度刺激诱发死皮造成减产。

同时，采用全转录和小 RNA 测序从死皮与健康橡胶树树皮组织间鉴定了差异表达的 263 个 lncRNAs、174 个 miRNAs 和 1574 个基因，KEGG 富集分析表明，差异表达基因、差异表达 lncRNAs 和 miRNAs 的靶基因主要富集在代谢途径、次生代谢物的生物合成和激素信号转导。根据 lncRNA、miRNA 和基因间的关系，构建了橡胶树死皮发生的 lncRNA-miRNA-mRNA 调控网络，明确了网络中起核心作用 13 个 lncRNAs、3 个 miRNAs 和 2 个基因。研究为进一步解析橡胶树死皮发生的调控机制及研发更高效的死皮防治技术奠定了基础。

### 刘辉 简介:

刘辉，博士，副研究员。主要从事橡胶树死皮机理与防控技术研究。先后主持或参与国家自然科学基金等项目 15 项；发表论文 40 篇（SCI 论文 21 篇），其中第一（或并列第一）作者论文 17 篇（SCI 论文 8 篇）；以第一发明人授权国家发明专利 2 项，参与授权专利 5 项。2020 年入选海南省“南海名家”（青年项目）。

邮箱：liuhui8645@163.com

电话：13637660435

# 一种芒果蒂腐病病原菌的鉴定

丰雯丽<sup>1,2</sup>, 李敏<sup>1</sup>, 高兆银<sup>1</sup>, 母军霞<sup>4</sup>, 李俊国<sup>3</sup>, 胡美姣<sup>1\*</sup>

1 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 海南海口 571101

2 贵州大学绿色农药与农业生物工程教育部重点实验室, 贵州贵阳 550025

3 海南大学园艺学院, 海南海口 570228

4 海南大学植保学院, 海南海口 570228

**摘要** 蒂腐病是芒果采后贮运过程中的一种重要病害, 可致果实在采后运输及保存过程中严重腐坏, 严重制约了芒果产业的发展。已经报道的病原菌有多种, 如: *Botryosphaeria charifii*、*B. dothidea*、*B. ramosa*、*Diaporthe arecae*、*Dothiorella dominicana*、*Diplodia natalensis*、*Lasiodiplodia theobromae* (Syn. *Botryodiplodia theobromae*)、*L. iranensis*、*L. mahajangana*、*Neofusicoccum ribis*、*N. parvum*、*Neoscytalidium dimidiatum*、*Phomopsis mangiferae*、*Pestalotiopsis mangiferae* 等。从广西百色农业科技园区采摘的带蒂腐病病菌病斑上分离获得 1 菌株。该菌株在 28 °C 下 PDA 培养基上培养, 生长快, 2 d 后菌落直径为 8.5 cm, 菌落圆形, 边缘整齐, 初期呈透明色后转为白色, 背面中心呈淡绿色, 边缘呈白色或灰白色, 后期菌落呈深灰绿色, 表面散生黑色的分生孢子器。气生菌丝初期呈白色线状, 较薄, 后期菌丝变黑。分生孢子为梭形, 单胞, 无色、光滑、两端稍尖、分生孢子大小为 15.14-20.15 × 4.15-5.05 μm。依据病原菌核糖体内转录间隔区 (ITS)、β-微管蛋白 (*TUB*) 和延伸因子-1α (*EF-1α*) 基因序列, 经 NCBI 数据库 BLASTn 分析发现, 该病原菌的 ITS、*TUB* 和 *EF-1α* 序列与 *Botryosphaeria dothidea* (YLWB-BD01) 的同源性为 100%, 根据形态学特征和 BLASTn 分析, 该菌鉴定为 *B. dothidea*, 且为首次报道的引起我国芒果蒂腐病病原菌。

**关键词** 芒果; 蒂腐病; 病原菌; *Botryosphaeria dothidea*

# 应用蚯蚓粪和零价铁对两种砷镉复合污染土壤修复的最佳策略研究

潘攀<sup>1</sup> 刘贝贝\*<sup>1</sup> 吴琳<sup>1</sup> 林必桂<sup>1</sup>

中国热带农业科学院环境与植物保护研究所 海口 571101

砷镉同步钝化是重金属污染修复领域的一个难点，有机物料与铁基材料配施被认为是一种经济有效的修复措施，但在实际应用过程中修复效果往往因土壤类型和污染程度不同而存在较大差异，针对不同土壤类型选择合适的材料配比和修复策略是生产实践中亟需解决的问题之一。本研究对比了不同配比的蚯蚓粪（VC）和零价铁（Fe<sup>0</sup>）对水稻土和红壤中砷镉钝化效果及空心菜砷镉含量的影响，并利用结构方程模型判定了改良剂各组分对砷镉的影响程度。研究表明，施用组配改良剂后，空心菜 As、Cd 含量在水稻土和红壤种植系统中分别显著降低了 17.4%~21.7%，29.3%~47.6%。综合土壤 As、Cd 有效态和植物 As、Cd 含量来看，其中 1:1 蚯蚓粪与零价铁配比在水稻土的修复效果最好，而 2:1 的配比在红壤中的修复效果最好。结构方程模型表明，Fe<sup>0</sup> 通过直接作用减少土壤 As 的迁移和有效性而在降低 As 生物有效性方面发挥更重要的作用，而 VC 通过改善土壤性质和产量在降低 Cd 生物有效性方面发挥更重要的作用。因此，组配材料中适当增加 Fe<sup>0</sup> 添加量，可有效修复高 As 污染的水稻土；增加 VC 配比，可有效修复高 Cd 浓度、土壤质量相对较差的红壤。

# 湛江农垦橡胶树白粉病监测与减药防控技术报告

揭育其<sup>1</sup> 经福林<sup>2\*</sup> 吴坎军<sup>1</sup> 陈士伟<sup>4</sup> 骆争明<sup>3</sup> 文尚华<sup>3</sup> 裴煜<sup>1</sup> 谢冬杰<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 广东农垦火炬农场有限公司, 广东 湛江 524259;

<sup>2\*</sup> 广东省湛江农垦科学研究所, 广东 湛江 524000;

<sup>3</sup> 广东省湛江农垦集团有限公司, 广东 湛江 524022

<sup>4</sup> 广东农垦热带农业研究院有限公司, 广东广州 511365

**摘要:** 天然橡胶是湛江农垦重要产业之一, 近年因白粉病危害致使干胶产量减产约10%~12%。本文结合作者多年从事橡胶树白粉病防治工作的生产实际经验, 通过设立监测站, 分析橡胶树白粉病的危害、发生特点、物候病情, 未来天气动态, 开展橡胶树白粉病减药防治试验, 结果发现: 采用醚菌酯防治橡胶树白粉病相对防效最好, 显著高于喷硫磺粉和硫磺悬浮剂, 药后3d相对防效达61.18%, 药后7d相对防效达89.02%, 因此, 采用醚菌酯和喷硫磺粉相结合防控白粉病, 减少成本和农药用量, 并采取科学观测病情、充分的物资准备、统防统治等防治措施。

**关键词:** 橡胶树; 白粉病; 监测; 减药防控技术; 报告

中图分类号S435.76文献标识码 A

## Conclusion of Monitoring and Drug Reduction Prevention Technology of powdery mildew on rubber trees in Zhanjiang State farms

JIE Yuqi JINGFulin WU Kanjun WEN Shanghua PEI Yu XIE Dongjie

(1 Guangdong Agricultural Reclamation Torch Farm Co., LTD., Zhanjiang 524259, China;

2\*Science Research Institute of Zhanjiang State farms of Guangdong, Zhanjiang, 524000, China;

3 Zhanjiang Agricultural Reclamation of Guangdong Province, Zhanjiang 524022, China)

**Abstract** Natural rubber is one of the important industries of Zhanjiang agricultural reclamation. In recent years, powdery mildew caused about 10% ~ 12% decrease in dry rubber output. In this paper, based on the author's years of practical production experience in the prevention and control of rubber powdery mildew, through the establishment of monitoring stations, analysis of the harm of rubber powdery mildew, occurrence characteristics, phenology, future weather dynamics, to carry out the prevention and control of rubber powdery mildew, the results found that: The relative control effect of pyrimethanil on powdery mildew of rubber trees was the best, which was significantly higher than that of sulfur powder and sulfur suspension. The relative control effect of pyrimethanil and sulfur powder on powdery mildew of rubber trees was 61.18% and 89.02% after 3 days and 7 days respectively. Therefore, the combination of pyrimethanil and sulfur powder for powdery mildew prevention and control could reduce the cost and pesticide dosage. And take scientific observation of the disease, adequate material preparation, unified prevention and control measures.

**Key words** rubber tree; Powdery mildew; Monitoring; Drug Reduction Prevention and control technology; conclusion

收稿日期 修回日期

资助项目 农作物病虫害疫情监测与防治经费项目 (天然橡胶病虫害监测与防控)

作者简介 揭育其, 男, 民族, 农艺师, 研究方向为农业生产技术管理与推广。通讯作者 经福林, 男, 研究方向为农业技术

示范与推广、土壤与肥料研究, E-mail: [1004596264@qq.com](mailto:1004596264@qq.com)。

平均气温23.6℃, 霜; 年平均降水量1400~1700 mm, 5~10月为雨季, 雨水年度分布不均匀; 常年多风, 夏秋季多台风, 属于台风多发沿海地区, 大部分土地地势平坦, 多为砖红壤<sup>[1]</sup>。目前湛江垦区种植有天然橡胶约0.67万hm<sup>2</sup>, 主要分布在火炬农

场、南华农场、五一农场、幸福农场、友好农场、东升农场、长山农场和黎明农场等。其中，开割树主要品种为南华1、红星1、海垦1、PR107、GT1、东方93-114、热研7-33-97和湛试327-13等，开割树主要为20世纪60~80年代种植的老胶树及近年陆续投产的2008年之后种植的新胶园，中小苗主要品种为热研7-33-97、湛试327-13、热垦525、云研77-2和南华1等。近年由于干胶价格持续低迷，人工成本上涨，部分植胶农场为了管控割胶成本，人为减少橡胶树白粉病防控投入，造成垦区橡胶白粉病病情有所加重，据初步统计，近年因白粉病危害致使干胶产量减产约10%~12%。因此，本文通过建立橡胶树白粉病监测点，试用新型防控药剂及配套方法，以减少农药使用量，节约防控成本和提高防效，以期为垦区今后橡胶白粉病综合防控工作提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

监测工具：数码相机，电脑，放大镜，气象观测仪器、高架剪刀；防控机械：轮式拖拉机 90 马力以上，喷粉机（轮式拖拉机带动，载粉量 150 公斤，扬程 20 米）由徐闻友好农场农具厂家生产，风华牌 3WD2000-40 型车载远射程风送式喷雾机（广东省梅州市风华喷雾喷灌机械设备有限公司生产；硫磺粉：325 筛目硫磺粉，含量 91%，由海南江河农药化工厂有限公司生产；95%醚菌脂：由安徽华星化工有限公司生产；50%硫磺悬浮剂，由河北双吉化工有限公司，65%代森锌粉剂，江西中迅农化有限公司。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 监测地点

监测点设在广东农垦火炬农场有限公司天然橡胶生产基地。基地橡胶种植面积约 0.14 万  $\text{hm}^2$ ，种植橡胶品系主要为南华 1、海垦 1、GT1、东方 93-114、热研 7-33-97、PR107、湛试 327-13 等。根据橡胶树种植分布情况，分别在 2 队、12 队，19 队设立三个观测点，每个观测点 100 株橡胶树。

#### 1.2.2 监测方法及田间设置

参考《橡胶树白粉病测报技术规程》<sup>[2]</sup>。各观测点观测株选择办法统一采用“隔行连株”法，即从观测点选择具有代表性的一个林段中选择100株橡胶树编好号，断倒树不选择，编号顺延，必须选足100株。被确定为观测点的林段，在病虫害流行期间，不进行针对病虫害的任何防治操作。

#### 1.2.3 防治经过及田间管理

采用随机区组设计，三个处理（A:1.2kg/667 $\text{m}^2$  硫磺粉，B:0.02kg/667 $\text{m}^2$  95%醚菌脂，C:0.25kg/667 $\text{m}^2$  50%硫磺悬浮剂+0.12kg/667 $\text{m}^2$  65%代森锌粉剂），三个重复，并农场橡胶生产科技负责人根据监测数据和踏查记录，统一安排喷药用量、防治时间、防治地点、喷粉机械和人员。橡胶树位施肥、除草灭荒一致。

#### 1.2.4 数据分析

橡胶树物候数据采集<sup>[2,3]</sup>：落叶级别、抽叶级别数据采集：从 5% 的橡胶植株抽芽开始到 95% 的植株新叶老化后 20 天止，每 3 天一次，定每周的星期一和星期四为观测报送时间。观察、记录上述编号的橡胶树物候，分别对叶片进行分级填入调查表。

监测点气象数据采集：各监测站气象数据采集，是从当地气象部门获得，并结合各监测点自行监测空气相对湿度、降雨量，每次上报最近七天的气象资料。

橡胶树白粉病数据采集：①越冬菌量数据采集：橡胶树整株抽芽达到约 5% 时，与物候观测工作同时进行，只调查一次，调查的内容包括：越冬老叶的病情、冬抽嫩梢数及其病情。冬抽嫩梢数的总条数的调查方法：在观察林段中随机取 100 株树（包括正常树和断倒树）。①计算这 100 株树中冬抽嫩梢的总条数。②在这个林段中随机勾 20 条冬抽嫩梢。③勾 20 蓬越冬老叶。只将带有新鲜的白粉病病斑的叶片归入病叶，已经稳定的病斑归入健康叶。②从 5% 的橡胶树抽芽时起到 95% 的植株的新叶老化后 20 天止，每 3 天一次，定每周的星期一和星期四为观测报送时间。从编号的橡胶树上随机剪取 20 蓬叶，每蓬叶随机摘取 5 片中心小叶，共 100 片叶片，根据叶片病进行分级、统计各级病叶片数，填入调查表。

橡胶白粉病防效采集：①对全场发生橡胶调查进行调查，记录发生橡胶白粉病比较重的 9 个地块，每个地块标记 100 株橡胶树，从标记的橡胶树上随机剪取 20 蓬叶，每蓬叶随机摘取 5 片中心小叶，共 100 片叶片，根据叶片病进行分级、统计各级病叶片数，填入调查表。②对 9 块地橡胶树进行喷粉，对喷药 3

天后与 7 天后进行防效调查，参考喷药前调查方法。③对照为监测点区橡胶树白粉病发生情况。

采用Microsoft Excel2007软件完成试验数据统计分析，并用统计软件SAS 9.0 duncan新复极差法对调查结果平均值进行方差分析Fisher's-test (LSD)。

## 2 结果与分析

### 2.1 橡胶树白粉病越冬菌量调查情况

由表 1 可知，经观察，监测点越冬老叶较少，其冬抽嫩梢也极少，其发病率也低。

表 1 各监测点白粉病越冬菌量情况

Table 1 Quantity of overwintering fungus of powdery mildew at each monitoring point

监测点 surveillance spots	越冬菌量情况 The amount of overwintering bacteria		
	越冬老叶发病率(%) Incidence of overwintering old leaves (%)	越冬嫩梢叶片发病率(%) Incidence of overwintering young shoot leaves (%)	100 株橡胶冬抽嫩梢总条数(条) Total number of tender shoots of 100 rubber trees in winter (strips)
	2 队	0	0
12 队	0	0	0
19 队	0	0	0

### 2.2 气象信息、橡胶树物候与白粉病发病情况

橡胶树白粉病病菌只危害嫩叶、嫩芽、嫩梢和花序，喜欢冷凉气温，孢子萌发的最适温度为 16—32℃，侵染及产孢的适宜温度为 15—25℃，抑制温度为最低温 8—10℃，最高温 32℃以上。根据图 1、2、3、4 可知，监测站 3 月 1 日-3 月 7 日期间温度较高，相对湿度低，日照强，多为晴天，橡胶树迅速萌发，开始抽叶，且叶片多为小古铜时期；3 月 8 日至 3 月 18 日期间温度平均在 25℃以上，晴天，湿度低，非常适宜橡胶树抽叶，大多橡胶树叶在这个期间转为淡绿色，白粉病发生低，病情指数低；3 月 19 日至 3 月 25 日期间温度下降，出现降雨转阴天，湿度升高，非常适宜白粉病孢子萌发，加上橡胶树叶正处于淡绿期即白粉病易感期，白粉病开始在橡胶树流行；3 月 26 日至 4 月 11 日期间温度开始上升，平均温度多在 26.5℃以上，多为晴天，湿度低，非常适宜橡胶树抽叶，大多橡胶树叶在这个期间转为深绿老化，白粉病趋缓，病情指数趋向稳定；同时结合当地气象预报，提前预报了 3 月 18 日后温度变冷降雨，火炬全场橡胶树机械喷粉作业机械喷粉作业需要 6-8 天，以及硫磺粉药效机理，防病工作应安排在 3 月 10 至 3 月 18 日期间，再从三个监测点白粉病抽叶快慢：19 队监测点最快，其次 12 队监测点，最后 2 队监测点，因此在进行防控工作时，优先考虑农场 19 队片区胶林。



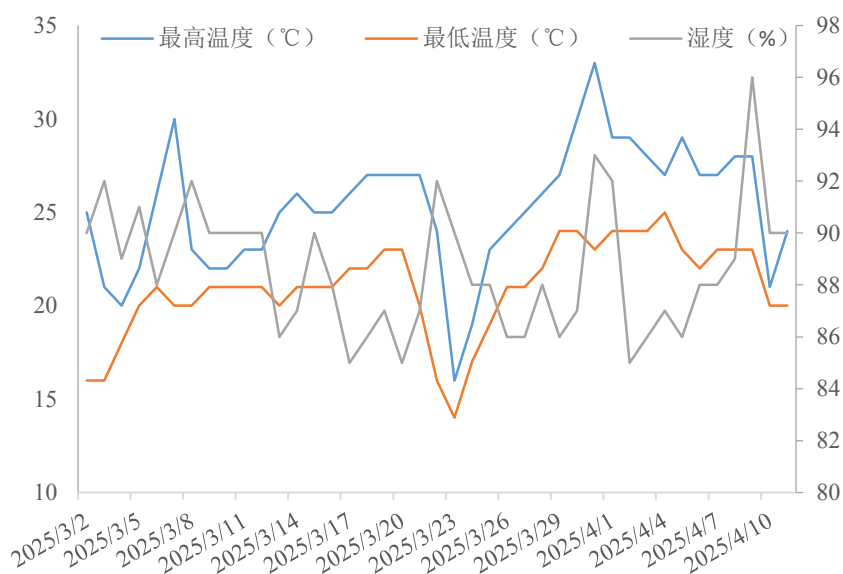


图 1 火炬农场 3 月 1 日-4 月 10 日天气情况

Fig1 Weather conditions of Torch Farm from March 1st to April 10th

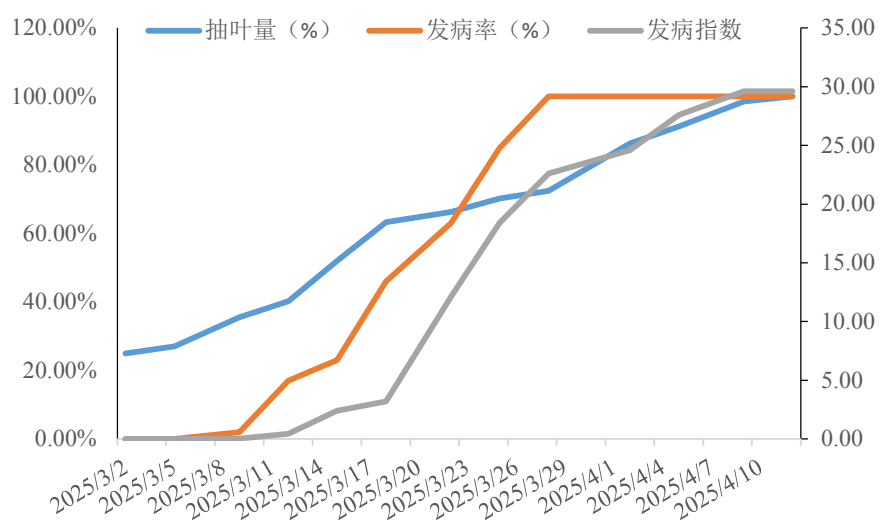


图 2 二队物候与发病情况

Fig. 2 Phenology and incidence of the second production team

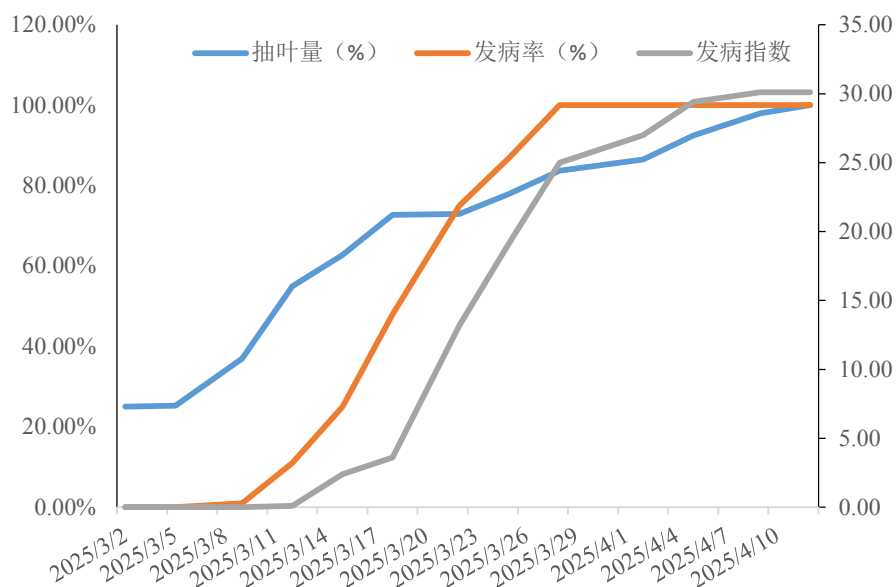


图 3 十九队物候与发病情况

Fig. 3 Phenology and incidence of the 19th production team

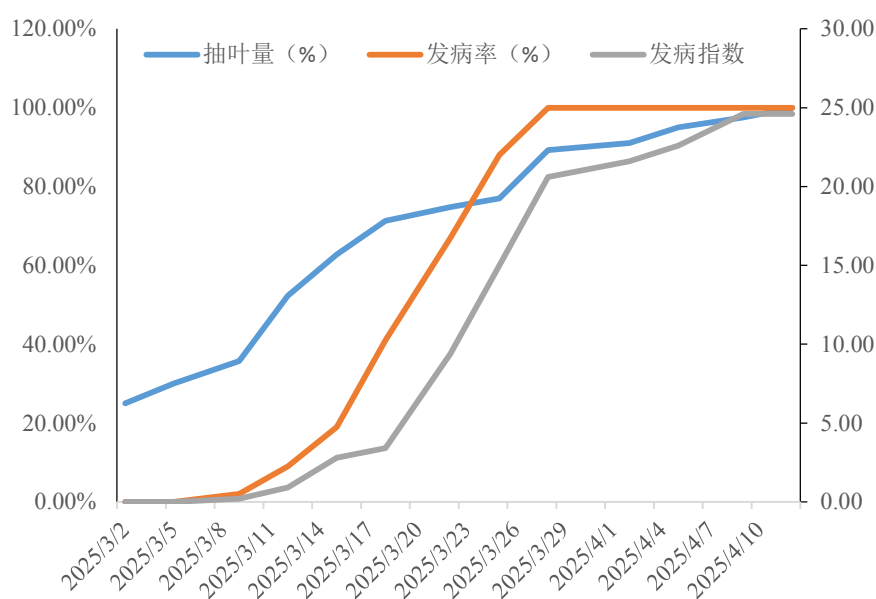


图 4 十二队物候与发病情况

Fig. 4 Phenology and incidence of the 12th production team

### 2.3 橡胶白粉病监测防治情况

根据监测站的物候、病情观测数据分析,结合机械作业时间及未来天气预报,为减轻因白粉病为害,3月10日开始对开割橡胶树进行了喷施硫磺粉1次,用量 $1.2\text{kg}/667\text{m}^2$ 。根据调查在晴天有阳光照射下,喷药3天后,喷噁菌酯白粉病的相对防治效果最高,显著高于喷硫磺和硫磺悬浮剂,达到61.18%,施药7天后,还是喷噁菌酯白粉病的相对防治效果最高,白粉病的相对防治效果达到89.02%,橡胶病情指数降为2.24%,防治白粉病效果明显(如表2)。

表 2 喷药对开割橡胶树白粉病防治效果

Table 2 Control effect of the cutting rubber powdery mildew by spraying

供试药剂 Supplied test fungicides	药前病情指数 Incidence index	喷药后 3 天 After spraying 3d		喷药后 7 天 After spraying 7d	
	before spraying	病情指数 Incidence index	相对防效 Relative control effect (%)	病情指数 incidence index	相对防效 Relative control effect (%)
CK (Empty control)	8.21	12.56	—	17.25	—
A	9.83	6.19	58.84±1.63b	2.98	85.57±0.27b
B	9.75	5.79	61.18±1.54a	2.25	89.02±0.18a
C	9.92	6.47	57.37±1.71b	2.74	86.85±0.24b

注同列数字后的不同字母表示处理间差异显著性( $p < 0.05$ , LSD)。

Note Different letters after numbers in the same column indicate significant difference between treatments ( $P < 0.05$ , LSD).

### 3 讨论

冬季气温的高低直接影响橡胶树落叶整齐度,同时也决定着当年胶树白粉病病情的发生与发生为害的严重程度[4]。广东省湛江垦区火炬农场通过多年对冬季胶园落叶观察,12月至翌年1月如出现连续几天 $10^{\circ}\text{C}$ 以下的低温,橡胶树受低温刺激,当年胶树落叶早、抽叶整齐;如抽叶后气温相对较高,最高温在 $30^{\circ}\text{C}$ 以上时,当年发生白粉病为害的程度轻,降低了防治费用。如12月至翌年1月最低温在 $10^{\circ}\text{C}$ 以上,胶树落叶、抽叶不整齐,胶园物候期相对会延长,加大了白粉病防治费用。火炬监测站2021年1月8至11日出现连续几天 $10^{\circ}\text{C}$ 以下的低温,越冬老叶较少,越冬菌量基本没有。

橡胶白粉病发生流行时期在春季,主要危害地上部分新抽未老化的叶、果及幼枝,发病严重时造成落叶、落果[5]。如病害得不到有效防治,新抽叶出现3次以上的落叶,可造成胶树顶端枝条回枯,严重影响橡胶树生长和当年干胶产量。广东省湛江垦区橡胶树白粉病发生时间,以每年春节后胶树开始萌芽或抽出古铜色叶开始,如遇气温偏凉、空气湿度大的天气,未及时采取喷药防治,白粉病会在3~5d后造成大面积胶树新抽叶感病,这和监测站3月18日后,气温骤降,出现降雨阴天,空气湿度大,橡胶树白粉病开始大流行性是相符的。

能否做好对白粉病的有效防治,关系到胶树是否能正常开割,对当年的干胶产量具有决定性作用,如何安排好橡胶白粉病防控时间是非常重要的,多年经验发现:橡胶树抽叶处于古铜期至淡绿期如遇到阴雨天气,就会发生白粉病流行,主要原因是阴雨天利于白粉病孢子萌发,也不利于开展病害防治,因此,利于未来天气预期提前预知阴雨天气,及时采取喷药防治,收到防效显著,其中,采用醚菌酯防治最好,喷药后3天相对防效达到61.18%,七天后达到相对防效89.02%,而在施用成本3元/667m<sup>2</sup>左右,而喷硫磺粉施用成本在7元/667m<sup>2</sup>左右,硫磺悬浮剂施用成本8元/667m<sup>2</sup>左右,但是喷噁菌酯和硫磺悬浮剂需要有水源,对于一些缺乏水源橡胶地块,还需要继续探索进一步研究。

综合上述,一是做好监测预报,建立胶园白粉病病情观察点。当年春节前后,根据胶园的立地环境、橡胶树物候发生期,在不同环境胶园建立3~4个有代表性的白粉病观察点,并做好观察记录与病情统计,每3d观察1次。一旦观察到白粉病或发病率达2%~5%时,根据未来天气预报情况及胶园物候,及时对中心片区或整个胶园进行施药。二是提前谋划,做好白粉病防治物资准备。12月至翌年1月,需对来年的病害防治工作做好充分的物资准备。首先,对施药机械(喷雾机、喷粉机)进行调试,保障施药机械能正常工作。其次,充分做好防病药物准备,所用的硫磺粉需晒干保存,保证在施药时不出现块状或团粒状,否则会使喷药机械喷不到有效的高度,硫磺粉喷不到新抽叶片表面,影响施药效果,准备好醚菌酯药物,对于有水源的地块和往年发病较重区域采用醚菌酯喷雾进行重点防治,以降低防治成本和提高整体防效。三是建立专业化橡胶病害防治队伍,开展橡胶病害联防。湛江垦区内有十个国营农场种植天然橡胶树,植保体系健全,农场均配有3~4名植保人员、若干名橡胶辅导员、一定数量的硫磺喷粉机和拖拉机。建立专业

化橡胶病害防治队伍，以农场为单位，生产部门统筹安排，橡胶辅导员为基础开展统防统治，通过有偿补贴橡胶辅导员和机手，开展病害统防统治工作，解决缺乏喷药机械等问题，提高防病效率和质量。

#### 参考文献

- [1] 贺军军,文尚华,罗萍.台风“威马逊”对雷州半岛植胶区橡胶树的影响[J].广东农业科学,2015,24(58):80-85.
- [2] NY/T1089-2006,橡胶树白粉病测报技术规程[S].
- [3] 文衍堂,贺春萍,李建辉,等.海南儋州橡胶白粉病发生流行与防控简讯[J].热带农业科学,2014,34(1):71 -75.
- [4] 洪支荣,穆洪军.橡胶树白粉病发生与防治体会[J].中国热带农业,2012,47(4):46 -47.
- [5] 范会雄,象生. 橡胶树白粉病流行规律与防治技术[J].植物保护,1997 (3):28 -29.

## 草果中香气物质的形成及转化过程

颜健

华南农业大学, 广州 510640

**摘要** 草果 (*Amomum tsao-ko*) 是姜科豆蔻属植物的干燥果实, 是药食同源植物之一, 具有悠久历史的传统中药, 又是烹调的重要香料。该报告主要内容包括: (1) 大量相关研究主要聚集于草果的化学成分及药用价值, 而其主要的香气物质的分布、形成及可能转化过程有待研究。(2) 草果植物不同组织部位的化学成分异同。(3) 果实发育过程中的香气变化及可能形成机制。(4) 非生物因子对草果的香气物质的影响。(5) 不同加工工艺对香气物质影响加工过程的变化。

**个人简介:** 颜健, 华南农业大学资环学院生态系, 教授/博士生导师。主要从事植物次生代谢物质的生物合成及在绿色防控应用技术的研究。以通讯作者或第一作者在 *The Plant Cell*, *The Plant Journal*, *Journal of Experimental Botany*, *Pest Management Science*, *Nature Communications* 等植物学研究公认的重要期刊上发表的研究论文 30 余篇, 申请国家发明专利 13 项, 其中 7 项已授权发明专利。此外, 积极开展产业扶贫, 精准解析绿色香料草果品质的关键基因, 助力怒江州产业振兴产业。

## 胡椒瘟病绿色综合防控技术研究与应用

高圣风, 刘爱勤, 苟亚峰, 桑利伟, 孙世伟, 王政, 孟倩倩

(中国热带农业科学院香料饮料研究所 海南万宁 571533)


**摘要** 胡椒被称为“香料之王”, 经济价值极高, 是我国百万椒农致富奔小康的好途径。胡椒瘟病是一种传播迅速、毁灭性强的世界性病害, 曾在导致海南胡椒种植面积锐减 20%。针对生产上普遍出现的农药用量高、防控效率低问题, 我们系统开展成灾机制、生防机理和关键防控技术研究, 集成绿色综合防控技术并应用, 取得的主要进展如下: 1, 调研明确胡椒瘟病是危害现状, 精准鉴定其病原物, 解决了病原物种类长期争议; 首次明确胡椒瘟病菌游动孢子发育、侵染条件和寄主范围, 探明病害周年发生流行规律及关键因素, 揭示病害成灾机制。2, 自主筛选高效生防菌 3 株, 研制菌剂 3 种; 完成全基因组测序, 鉴定抑菌物质 2 种; 探明生防菌在胡椒根际定殖情况, 明确胡椒根系分泌物对生防菌趋化性、运动能力和生物膜形成的影响。3, 首次筛选出活性植物 11 种, 自主研制出植物源农药制剂 2 种; 鉴定出活性物质 4 种, 探明棕榈酰胺在超微结构变化、内源保护酶活性等方面对胡椒瘟病菌的影响。4, 系统开展检测监测、农业防治、生物防治、低毒高效化学防治等关键技术与优化, 制定行业、地方标准 3 项; 集成胡椒瘟病绿色综合防控技术, 在主产区推广应用 20 万亩, 将发病率控制在 1% 以下, 化学农药用量减少 25% 以上, 实现了防灾降损、减药增效、生态环保等效果, 得到了地方政府和椒农的肯定和认可, 引起了多家媒体关注和报道, 以绿色技术助推胡椒产业向生态化转型。

**关键词** 胡椒瘟病; 致病机制; 生物防治; 植物源农药; 综合防治

**报告人简介:** 高圣风 (1982.1~), 博士, 毕业于南京农业大学, 就职于热科院香饮所, 主要从事胡椒瘟病生物防治研究; 主持国家自然科学基金 2 项、省基金 3 项; 发表研究论文 10 篇, 获授权发明专利 2 件; 参编专著 4 部; 制定农业行业标准 1 项; 获热科院科技创新二等奖 1 项 (第 1 完成人); 入选海南省高层次人才, “拔尖人才”。手机 18876982531

## 2021 年全国热带作物学术年

会分会场特邀专家回执表

姓名	魏安智			
联系电话	13709129688	E-mail	weianzhi@126.com	
工作单位	西北农林科技大学			
通讯地址	陕西杨凌邠城路 3 号西北农林科技大学林学院			
身份证	610403196108040031			
银行卡号	6217863600000239217			
日程信息	到达日期:	到达地点:	航班号(车次):	
	回程日期:	回程地点:	航班号(车次):	
报告题目	花椒产业生产现状及发展趋势			
报告摘要	<p>报告内容简介 100 字以内</p> <p>主要介绍全国花椒产业规模、产量、加工、新技术、新产品开发、市场供需情况，花椒产业存在的主要问题，对未来发展趋势提出建议。</p>			
个人简介	<p>个人简介(300 字以内)</p> <p>魏安智，西北农林科技大学教授、博士生导师，国务院政府特殊津贴专家，国家林草局花椒工程技术研究中心主任，花椒产业国家创新联盟理事长，西北农林科技大学凤县和韩城花椒试验站首席专家。主要从事经济林良种选育及丰产栽培技术研究，主持国家和省级科研项目 20 余项，取得获奖成果 6 项，审定花椒良种 3 个，发表论文 80 余篇，出版著作 6 部。</p> <p>建立了全国最大的花椒种质资源库；建立了花椒种质资源评价技术体系，探明了花椒属的地理起源；完成了花椒全基因组测序；创建了花椒麻味物质分离提取体系；总结出花椒规范化栽培配套技术体系，推动了全国花椒产业的快速发展。</p>			

## 辣椒素生物合成和调控

朱张生

**摘要** 辣椒素作为辣椒属特有的一种生物碱，赋予辣椒果实辣味，决定辣椒果实风味品质。辣椒素在食品、医药、军事、化工等领域具有广泛用途，存在很大需求缺口。生产上不同的消费需求对辣辣味（辣椒素含量）具有不同的要求，目前满足专用需求



## 不同品种槟榔果实发育和生物碱含量的动态变化

齐兰,黄丽云,唐敏敏,刘立云

中国热带农业科学院椰子研究所/海南省槟榔产业工程研究中心, 文昌 571339

**摘要** 本研究以 3 个不同地理来源且果形差异大的槟榔品种为试验材料, 分别为台湾种(枣形果)、海南种(椭圆形)和泰国种(长椭圆形)研究其果实发育和生物碱动态变化过程。开花授粉后定期观察并记录从坐果到成熟过程中果实鲜重、纵径和横径, 采用高效液相色谱法分析 4 种生物碱(槟榔碱、槟榔次碱、去甲基槟榔碱、去甲基槟榔次碱)的含量。结果表明, 槟榔在开花 40~140d 后果实纵径、横径和重量均处于快速增长期, 果实发育早期主要是纵径增长较快, 泰国种纵径最长, 果实生长后期以横径生长为主, 鲜重增加持续至花后 200 d, 属于营养快速积累期。3 个槟榔品种不同发育时期生物碱含量测定结果发现, 泰国种槟榔碱含量最高, 变异范围 5.59~7.47 mg/g, 花后 140 d 时含量最高, 其次为槟榔次碱; 台湾种槟榔果实槟榔次碱和去甲槟榔次碱含量较高, 槟榔碱含量较低, 变异范围 0.29~2.16 mg/g, 花后 80 d 时含量最高, 随着果实发育槟榔碱含量下降。海南种槟榔碱含量较高, 其他 3 种生物碱含量相对较少, 槟榔碱含量变异范围 2.47~3.65 mg/g, 花后 140 d 时含量最高, 去甲槟榔次碱、槟榔次碱的含量在果实发育期变化幅度较小, 表明果实中的槟榔碱含量在青果期较高, 随着果实成熟其含量降低。本研究掌握了不同果形品种发育过程中槟榔碱含量最高的时期及其他生物碱含量变化规律, 为探索槟榔果实品质形成机理和鲜果采收期的确定提供理论参考。

**关键词** 槟榔; 果实发育; 生物碱; 动态变化

的品种十分匮乏。采用群体遗传学、组学、生物信息学、生理生化和分子生物学等手段克隆和鉴定辣椒合成途径的关键基因 HCHL, 结果完善了辣椒素合成通路; 发掘了一系列辣椒素生物合成的关键转录因子 MYB31、MYB48 和 MYB108, 研究了它们调控辣椒素生物合成的机制, 结果丰富了辣椒素生物合成的转录调控。我们的研究结果丰富了辣椒素生物合成和调控理论, 相关候选基因目前已用于辣椒素生物合成遗传改良。

# 基于 UPLC-Q-TOF-MS 技术海人树叶的成分分析及抗氧化活性研究

羊青<sup>1,2,3</sup>, 王茂媛<sup>1,2,3</sup>, 王清隆<sup>1,2,3</sup>, 李英英<sup>1,2,3</sup>, 晏小霞<sup>1,2,3</sup>, 王祝年<sup>1,2,3\*</sup>

1 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所 海南海口 571101

2 农业农村部热带农业野生植物基因资源鉴定评价中心 海南儋州 571737

3 海南省热带药用植物工程研究中心 海南儋州 571737

**摘要** 为了评价海人树 *Suriana maritima* Linnaeus 的药用价值, 本文对海人树叶提取物进行化学成分和抗氧化活性研究。基于超高效液相-四级杆-飞行时间串联质谱 (UPLC-Q-TOF-MS) 技术, 对海人树叶提取物的主要化学成分进行快速定性分析。采用回流提取法制备供试样品, 质谱采用电喷雾离子源 (ESI), 在正负离子模式下扫描采集数据。利用 UNIFI 科学信息系统, 结合相关文献数据, 对各主要色谱峰进行归属。结果表明, 从海人树叶提取物中共分析鉴定得到 45 个化合物, 其中包括 21 个黄酮类化合物, 1 个花青素类成分, 9 个酚酸类成分, 3 个苯丙素类成分, 1 个环烯醚萜类成分, 10 个长链脂肪酸类化合物。该材料的成分特征性非常强, 其中黄酮类成分占到半数以上。采用 DPPH 法和 ABTS 法对海人树叶提取物的抗氧化活性进行测试。海人树叶提取物对 DPPH 和 ABTS 自由基清除作用的 IC<sub>50</sub> 值分别为 0.3010、0.1946 mg/mL, 对照品抗坏血酸的 IC<sub>50</sub> 值分别为 0.2858、0.0938 mg/mL, 结果表明海人树叶提取物具有很强的抗氧化活性。

**关键词** 海人树叶; UPLC-Q-TOF-MS; 化学成分; 黄酮; 抗氧化活性

## Analysis of Chemical constituents of the leaves of *Suriana maritima* by UPLC-Q-TOF-MS and its anti-oxidant activity

YANG Qing<sup>1,2,3</sup>, WANG Maoyuan<sup>1,2,3</sup>, WANG Qinglong<sup>1,2,3</sup>, LI Yingying<sup>1,2,3</sup>, YAN Xiaoxia<sup>1,2,3</sup>, WANG Zhunian<sup>1,2,3\*</sup>

1 Tropical Crops Genetic Resources Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China

2 Center for Identification and Evaluation of Tropical Wild Plant Gene Resource, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Danzhou, Hainan 571737, China

3 Hainan Provincial Engineering Research Center for Tropical medicinal plant, Danzhou 571737, China

**Abstract:** In order to evaluate the medical value of *Suriana maritima*, the chemical constituents of the extraction from the leaves of *Suriana maritima* and its anti-oxidant activity were studied in this paper. The chemical constituents of the extraction from the leaves of *Suriana maritima* were analyzed by ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry (UPLC/Q-TOF-MS). A total of 45 compounds were identified from the extraction of the leaves of *Suriana maritima*, including 21 flavonoids, 1 anthocyanin, 9 phenolic acids, 3 phenylpropanoids, 1 iridoid and 10 triterpene saponins. The anti-oxidant activities were tested by DPPH and ABTS methods. The half elimination ratio of the extraction from the leaves of *Suriana maritima* against DPPH free radicals and ABTS free radicals were 0.3010 mg/mL and 0.1946 mg/mL, respectively, while the half elimination ratio of ascorbic acid against DPPH free radicals and ABTS free radicals were 0.2858 mg/mL and 0.0938 mg/mL. The extraction from the leaves of *Suriana maritima* showed significant antioxidant activities against DPPH free radicals and ABTS free radicals.

**Keywords:** leaves of *Suriana maritima* Linnaeus; UPLC-Q-TOF-MS; chemical constituents; flavonoids; anti-oxidant activity

## 响应面优化食用槟榔卤水配方的研究

李良怡<sup>1,2</sup>, 周文化<sup>1,2\*</sup>, 马妍<sup>1,2</sup>, 谭玉珩<sup>1,2</sup>, 钱鑫<sup>1,2</sup>, 张家铭<sup>1,2</sup>

1 特医食品加工湖南省重点实验室, 湖南长沙 410004

2 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南长沙 410004

**摘要** 在传统的制备工艺基础上, 对食用槟榔卤水制备工艺进行优化。通过单因素试验结果, 选取保水剂、增稠剂、有机酸的添加量作为自变量, 感官评分为响应值, 进行响应面优化, 获取食用槟榔卤水最优制备配方。结果表明, 脂肪酸蔗糖酯:单硬脂酸甘油酯、卡拉胶:海藻酸钠、石灰粉:饴糖的质量比分别为4:5、4:5、1:3, 保水剂、食用油、乳化剂、增稠剂及有机酸的添加量分别为0.3%、4.0%、2.0%、2%、3%。在此最优配方参数下制备的食用槟榔卤水感官评分为80.34分, 卤水呈现深棕黑色, 表面光泽、无裂纹, 适口性较好、劲道足, 具有槟榔卤水独特的风味与滋味; 游离碱度为92.6 mg/g; 微生物相关指标均符合相关标准。

**关键词** 槟榔; 槟榔卤水; 感官评价; 响应面法; 单因素试验

中图分类号 Q949.748.5

文献标识码 A

## A Study on Optimization of Edible Betel Nut Brine Formulation using Response Surface Methodology

LI Liangyi<sup>1,2</sup>, ZHOU Wenhua<sup>1,2\*</sup>, MA Yan<sup>1,2</sup>, TAN Yuheng<sup>1,2</sup>, QIAN Xin<sup>1,2</sup>, ZHANG Jia-ming<sup>1,2</sup>,

1 Hunan Key Laboratory of Processed Food for Special Medical Purpose, Changsha, Hunan 410004, China

2 College of Food Science and Engineering, Central South Forestry University of Forestry and Technology, Changsha, Hunan, 410004 China

**Abstract** Based on a traditional preparation process, the preparation process of edible betel nut brine was optimized. Based on single factor test results, additional water-retaining agent, thickener, and organic acid were selected as independent variables, and the sensory score was the response value. Response surface optimization was performed to determine the optimal preparation formula of edible betel nut brine. Results showed that the mass ratios of fatty acid sucrose esters to glyceryl monostearate, carrageenan to sodium alginate, and lime powder to caramel were 4:5, 4:5, and 1:3, respectively. Water retention agent, edible oil, emulsifier, additional thickener, and organic acid were 0.3%, 4.0%, 2.0%, 2%, 3%, respectively. The sensory score of the betel nut brine, prepared based on optimal formula parameter, was 80.34 points. The brine was dark brown-black, with a glossy surface, and no cracks; it had good palatability, firmness, unique flavor, and taste. Its free alkalinity was 92.6 mg/g, and relevant microbiological indicators indicate that it met relevant standards.

**Key words** betel nut; sensory evaluation; response surface methodology; single factor experiment

**资助项目** 海南华创槟榔研究院院长基金(No. HCBL2020YZ-001); 湖南省创新平台与人才计划(No.2017TP1021); 湖南省重点研发计划(No. 2020NK2020); 湖南省创新型省份建设专项(No. 2019TP2011); 长沙市科技计划(No. KC17040007)。

**作者简介** 李良怡(1997-), 男, 硕士研究生; 研究方向: 食品安全检测与控制技术。通讯作者(Corresponding author): 周文化(ZHOU Wenhua),

E-mail: 1479674265@qq.com。

## 水产品腐败中群体感应及其调控研究进展

李培<sup>1,2</sup>, 杨春亮<sup>1</sup>, 曾绍东<sup>1</sup>, 潘晓威<sup>1</sup>, 叶剑芝<sup>1\*</sup>

1 中国热带农业科学院农产品加工研究所, 广东湛江 524011

2 广西大学生命科学与技术学院, 广西南宁 530004

**摘要** 捕捞后的水产品因其营养丰富, 含水量、可溶性蛋白和不饱和脂肪酸含量均较高等原因, 易发生腐败而导致巨大的经济损失和严重的公共卫生和食品安全问题。研究水产品致腐作用机制特别是分子机制, 以便对致腐现象进行靶向控制, 研制和开发新型水产品保鲜剂, 发展优质、卫生和安全的水产品, 甚具意义。本文主要综述水产品腐败菌群体感应(quorum sensing, QS)系统及调控类型、QS 对水产品腐败变质的调控、不同腐败菌之间 QS 的相互作用以及外界环境对 QS 的影响, 以期为新型水产品保鲜技术的研究和开发提供参考。

**关键词** 致腐机制; 群体感应; 水产品

### <sup>3</sup>Progress on the Quorum Sensing and its Control in Fishery Product Decay

LI Pei<sup>1,2</sup>, YANG Chunliang<sup>1</sup>, ZENG Shaodong<sup>1</sup>, PAN Xiaowei, YE Jianzhi<sup>1</sup>

1. Agricultural Product Processing Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang Guangdong 524001, China

2. College of Life Science and Technology, Guangxi University, Nanning Guangxi 530004, China

**Abstract:** Fishery products are rich in nutrition, water, soluble protein and unsaturated fatty acid and easy to become rotten after being fished. Fishery products become rotten, resulting in huge economic losses and serious problems in public health and safety. It is important to study the molecular mechanism of fishery product decay, to control the decay phenomenon, and to keep the fishery products in quality, health, and safety. The present paper reports the quorum sensing (QS) system and its control types of fishery product decay, interaction between different putrid microorganisms and external environment. Our aim is to provide theory for developing new preservation technology of fishery products.

**Key words:** spoilage mechanism; quorum sensing; fishery product

捕捞后的水产品容易腐败。这是因为水产品营养丰富, 含水量高, 肌肉组织十分脆弱, 可溶性蛋白及不饱和脂肪酸含量较高, pH 值又接近中性, 故捕捞后易发生腐败<sup>[1]</sup>。水产品腐败是一个复杂的过程, 主要包括 3 种基本作用机制: 酶解、氧化和微生物生长<sup>[2]</sup>, 其中微生物的生长及代谢发挥关键作用, 约 30% 捕获鱼类因微生物作用机制而腐败变质<sup>[3,4]</sup>。微生物通过分解蛋白质、脂质等营养物质而生长繁殖, 使水产品腐败, 从而导致巨大的经济损失和严重的公共卫生问题<sup>[5]</sup>。

水产品腐败过程中存在腐败菌群体感应( quorum sensing, QS)现象。QS 是微生物之间普遍存在的信息

<sup>3</sup> 资助项目: 农业农村部财政专项-农产品质量安全监管(风险评估)(GJFP20210502、GJFP20210503、GJFP2020003);中国热带农业科学院基本科研业务费专项资金(1630122017020)。

作者简介: 李培(1985—),女,博士研究生;研究方向:农产品质量安全,通讯作者(Corresponding author):叶剑芝(YE Jianzhi), E-mail:yejz21st@sina.com.

交流机制,为细胞密度依赖型,由微生物合成并释放的自诱导剂(autoinducer, AI)作为信号分子,可检测微生物群体密度,进而调控基因启动表达,展现不同的生理和生化学特征<sup>[6,7]</sup>。在水产品腐败过程中, QS 可调控腐败菌多种腐败行为,如生物膜的形成、胞外蛋白酶的形成及分泌、嗜铁素的分泌、毒力因子的产生以及细菌迁移运动等<sup>[8-10]</sup>。而 QS 又受控于环境中自诱导物(AI)的浓度,当 AI 浓度达到一定阈值, AI 便与特定的受体蛋白如 LuxR、LasR、LsrR 等结合,激活相应 DNA 转录,进而调控其下游相关基因表达<sup>[11-13]</sup>。因此,研究水产品腐败菌的 QS 系统、调控类型、QS 的作用机制及其影响因素,对预防水产品腐败具有理论和现实意义。

本文主要综述水产品腐败 QS 系统及其调控类型、QS 对水产品腐败变质的调控、不同腐败菌之间 QS 的相互作用以及外界环境对 QS 的影响,以期对新型水产品保鲜技术的研究和开发提供理论参考。

## 1 水产品腐败 QS 系统分类

QS 是广泛存在于微生物个体之间的通讯交流机制。研究发现, QS 现象不仅广泛存于细菌中,也存于真菌和病毒中,而且还存在不同的 QS 系统<sup>[14]</sup>。根据信号分子类型的不同,可将 QS 系统大致分为五类<sup>[15]</sup>: 一是由酰基高丝氨酸内酯类(Acyl-homoserine lactone, AHL)信号分子介导,属革兰氏阴性菌 QS 系统。该系统于 1970 年被发现于来自海洋的费氏弧菌(*Vibrio fischeri*)的生物发光现象<sup>[16]</sup>,是最早开始研究且研究得最深入的一类 QS 系统<sup>[17]</sup>。该系统主由 luxI 和 luxR 调控基因以及信号分子 AHLs 组成<sup>[18-20]</sup>。在水产品主要腐败菌希瓦氏菌(*Shewanella baltica*)、温和气单胞菌(*Aeromonas sobria*)、荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens*)、蜂房哈夫尼亚菌(*Hafnia alvei*)等菌中均发现该类 QS 系统<sup>[21-24]</sup>。二是由寡肽(Autoinducing peptides, AIP)信号分子介导,属革兰氏阳性菌 QS 系统。该系统于 2008 年被始发现于金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)中<sup>[25]</sup>,其信号识别由双组分磷酸激酶系统实现<sup>[26-27]</sup>。目前对该 QS 系统的研究主要集中在致病菌,对水产品腐败菌的研究尚少。三是由 AI-2 信号分子介导,属种间 QS 系统。该系统是 20 世纪 90 年代于多个革兰氏阴性菌中发现的,迄今发现存于超过 500 种的革兰氏阳性和阴性菌中<sup>[28]</sup>。该系统信号分子 AI-2 的产生代谢过程十分复杂,当 AI-2 的浓度达到一定阈值,则可感知不同种间群体的数量,启动下游基因的表达,用于种间通讯<sup>[29]</sup>。四是由二酮哌嗪类化合物(Diketopiperazines, DKPs)信号分子介导,属革兰氏阴性菌 QS 系统。该系统存于各类微生物中,在革兰氏阴性菌铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)、奇异变形杆菌(*Proteus mirabilis*)与肠杆菌(*Enterobacteriaceae*)等的培养上清液中均可检出 DKPs<sup>[15]</sup>。2018 年, Fu 等<sup>[30]</sup>对大黄鱼两株具有不同腐败潜势的希瓦氏菌的腐败相关基因的研究中发现, DKPs QS 信号分子可调节生物膜形成和腐败基因的表达,表明 DKPs 和腐败基因是开发新型食品防腐剂的潜在靶标,也是鱼类产品腐败的新标志。五是由其它类信号分子介导的 QS 系统。其它类信号分子主要包括始发现于铜绿假单胞菌的喹诺酮类假单胞菌信号(Pseudomonas Quinolone Signal, PQS)、不同革兰氏阴性菌中的脂肪酸类扩散信号因子(Diffusible Signal Factor, DSF)等<sup>[31,32]</sup>。

## 2 水产品腐败 QS 系统调控类型

同一微生物可同时存在多个不同 QS 系统,以 AI 的分泌-识别-响应过程为依据,可将 QS 系统调控类型分为等级(或分级)、平行及竞争三种类型<sup>[33]</sup>。分述如下:

等级(或分级)QS 系统(Hierarchical QS system),是指多个 QS 通路自上而下呈分层排列,逐级分层调控。上游的 QS 系统在直接调控其所控基因表达的同时,也通过调控下游 QS 系统间接地调控其他基因的表达。如铜绿假单胞菌、金黄色葡萄球菌和哈维弧菌(*Vibrio harveyi*)都具有等级 QS 系统,通过等级 QS 系统调控上百个基因的表达<sup>[34-37]</sup>。等级 QS 系统调控精准度高,对某个基因的调控有时需要两或三种信号分子的浓度同时达到阈值才行。因其为级联调控,任一级 QS 出现问题都会导致调控失败,故等级 QS 系统对环境的适应性较弱。

平行 QS 系统(Parallel QS system),最早发现于哈维弧菌中,后在霍乱弧菌(*Vibrio cholerae*)中也发现了类似调控系统<sup>[38,39]</sup>。该系统是同时输入多个信号,分别与各自的受体结合,根据输入信息的差异导致结合水平的差异,从而实现不同 QS 同时参与同一调节子的精确调控。平行群体感应系统将多个 QS 平行排列,

共同控制中央调节子,不但可以实现精准调控,还可提高对环境的适应能力。

竞争型 QS 系统 (Competitive QS system),通过两个 QS 通路相互拮抗竞争实现对基因的调控。该 QS 系统存于枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)和化脓链球菌(*Streptococcus pyogenes*)中<sup>[40,41]</sup>。竞争型 QS 系统能使微生物根据外界环境和自身状态呈现出不同的生理特征。竞争型 QS 系统为三种调控系统中最完善、环境适应度最高的系统。

### 3 QS 对水产品腐败变质的调控

当前,有些学者对水产品腐败的 QS 进行了研究,研究对象主要集中在鱼类和虾类。2018 年,Gui 等<sup>[42]</sup>对 4℃下贮藏的真空包装鲟鱼中的特异性腐败菌(Specific Spoilage Organisms, SSOs)和由 SSOs 产生的信号分子 AHLs 进行了研究,发现 QS 系统可能参与鲟鱼腐败的调控。Zhao 等<sup>[43]</sup>研究发现,信号分子 AHLs 可促进 TVB-N 和腐胺的产生以及相关基因的表达,证明信号分子 AHL 介导的 QS 系统参与气单胞菌致腐能力的调控。Zhang 等<sup>[44]</sup>对 4℃储存条件下真空包装的养殖大菱鲂(*Scophthalmus maximus*)鱼皮和鱼肉的腐烂过程中 QS 进行研究,发现在储存期间 QS 信号传导增加,添加外源信号分子后可影响大菱鲂的腐败进程,进而证明 QS 参与大菱鲂的腐败。QS 对水产品的腐败变质的影响主要通过调控致腐因子如生物膜、胞外蛋白酶、嗜铁素、窃听行为和其他相互作用等而发挥作用的,详述如下:

#### 3.1 QS 对生物膜形成的影响

细菌生物膜是细菌在营养物质缺乏时为维持自身生命而形成的膜状结构,其形成受到 QS 的调节。生物膜由多糖、蛋白质和 DNA 构成,将细菌包裹其中,从而使细菌易粘附于食品、食品加工设备、包装材料等表面,难以杀灭与清除,从而形成持续性污染,不但导致食物腐败变质,而且会造成食源性疾病传播,成为食品安全的一大隐患<sup>[45]</sup>。2019 年,刘昀阁等<sup>[46]</sup>报道,生物膜在形成和发展过程中 QS 系统发挥着重要作用,从微生物附着生物表面开始,细胞间相互聚集和繁殖,至产生并发展成成熟的胞外多糖基质,最后生物膜被剥离开或退化掉,生物膜形成的每个阶段都有 QS 系统的参与。Davies 等<sup>[47]</sup>发现,在细菌生物被膜的形成过程中,细菌的 QS 及特异基因表达调控均发挥重要作用。Li 等<sup>[48]</sup>对有氧冷藏库储存大菱鲂的优势腐败菌荧光假单胞菌(*Pseudomonas fluorescens*)研究发现,荧光假单胞杆菌的 QS 系统在生物膜的形成中起着至关重要的作用。研究者为了研究信号分子 AHLs 是否能调节荧光假单胞杆菌生物膜的形成,在培养基中添加不同浓度的外源 AHLs (C4-HSL、C6-HSL 和 C10-HSL)均可提高生物膜的形成率,其中 C6-HSL 使生物膜的形成率提高最多。发酵鱼糜中分离出的气单胞菌 QS 信号分子 C4-HSL, C6-HSL, C7-HSL 和 C8-HSL 均可提高其生物膜的形成率,其中 C8-HSL 对生物膜形成率的提高最多,提高了 26.1%<sup>[43]</sup>。当以冷藏草鱼的优势腐败菌气单胞菌(*Aeromonas spp.*)为研究对象,选取生物膜形成量较强的两株菌 *A.salmonia* W41 和 *A.salmonia* W69 进行研究,发现 QS 信号分子的浓度和类型是影响气单胞菌属生物膜形成的主要因素,其中 50μmol C6-HSL 显著促进 W41 生物膜的形成,低浓度 C4-HSL 和 C6-HSL 也促进 W69 生物膜的形成,然而,高浓度 C4-HSL 和 C6-HSL 却抑制 W69 生物膜的形成<sup>[49]</sup>。2019 年,于红雷等<sup>[50]</sup>对冷藏凡纳滨对虾的重要腐败菌气单胞菌(*Aeromonas spp.*) QS 特征的研究发现,外源信号分子 C4-HSL 不但可以促进 *Aeromonas sp* 菌体对数期后期的生长,还可显著提升其生物膜形成能力,使生物膜形成能力提高了 51%。2020 年, Sun 等<sup>[51]</sup>的研究结果表明,爱德华氏菌中 LuxS/AI-2 群体感应系统可促进其生物膜的形成。Hou 等<sup>[52]</sup>从腐败的即食海参中分离出的 3 株蜂房哈夫尼菌(*Hafnia alvei*)均可产信号分子 AHLs,同时添加外源信号分子可提高该菌形成生物膜的能力。朱耀磊等<sup>[53]</sup>同样对分离自腐败即食海参的蜂房哈夫尼菌 H4 群体感应对其生物膜的调节作用进行了研究,结果表明群体感应基因 luxRI 缺失菌株不能分泌 AHLs,该菌株生物膜的形成率显著低于野生型菌株,同时生物膜形成相关基因 flgA、flgE、fliA、flhD 和 flhC 的相对表达量亦显著下降。这与 Hou 等<sup>[52]</sup>的研究结果一致,蜂房哈夫尼菌生物膜的形成与该菌的 QS 系统密切相关。

#### 3.2 QS 对胞外蛋白酶形成的影响

水产品的优势腐败菌可分泌多种胞外蛋白酶,而这些胞外蛋白酶可将水产品中所含蛋白质水解成为可被微生物吸收利用的多肽、氨基酸等小分子物质,从而加速水产品的腐败。大量研究表明,胞外蛋白酶的

分泌受腐败菌 QS 系统的调控。崔方超等<sup>[54]</sup>以大菱鲆分离的荧光假单胞菌作为研究对象,研究信号分子 AHLs 与该菌胞外蛋白酶产量之间的相关性,发现添加外源信号分子标准品显著提高胞外蛋白酶的产生量。因此,胞外蛋白酶的产生与信号分子 AHLs 有关,并受 QS 系统的调控。这与李婷婷等人<sup>[55]</sup>研究结果一致,其研究发现信号分子 AHLs 可以促进大菱鲆源温和气单胞菌胞外蛋白酶的产生,且信号分子 AHLs 添加量与蛋白酶分泌量呈正相关。Zhu 等<sup>[56]</sup>发现,波罗的海希瓦氏菌(*Shewanella baltica*)可以通过窃听不动杆菌的信号分子 AHLs 增加细胞外蛋白酶的产量。希瓦氏菌是冷藏水产品常见的优势腐败菌。韩云燕等<sup>[20]</sup>报道,通过构建希瓦氏菌 LuxR 基因不同片段缺陷菌株,对比研究希瓦氏菌野生型与 LuxR 基因缺陷型菌株的蛋白酶的产生能力发现,希瓦氏菌 LuxR 基因对蛋白酶生成起负调控作用。同时,孙晓佳等<sup>[57]</sup>发现,添加外源 C6-HSL 信号分子可刺激荧光假单胞菌分泌信号分子 AHLs,增强其胞外蛋白酶的活性。Ding 等<sup>[58]</sup>发现,姜黄素脂质可通过干扰食源性嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)和格氏沙雷氏菌(*Serratia grimesii*)的 QS 系统,抑制由 QS 系统调控的胞外蛋白酶的分泌。2020 年, Mangoudehi 等<sup>[59]</sup>在嗜水气单胞菌培养液中加入姜黄素后,其群体感应基因 *ahyI* 和 *ahyR* 基因在菌株中的表达量均显著降低,胞外蛋白酶活性降低。

### 3.3 QS 对嗜铁素分泌的影响

嗜铁素的分泌受控于 QS 系统。嗜铁素也叫铁载体,是一类由微生物在低铁环境下合成的小分子,能特异地螯合  $Fe^{3+}$ <sup>[60]</sup>。具有分泌嗜铁素能力的腐败菌可通过竞争结合食品基质中的铁而获得生长优势。2005 年在肠杆菌中首次发现嗜铁素的分泌受到 QS 系统的调控<sup>[61]</sup>。Li 等<sup>[48]</sup>对有氧冷藏库储存大菱鲆的优势腐败菌—荧光假单胞菌的研究中证实,外部信号分子 AHLs 对荧光假单胞菌中嗜铁素分泌的具有调节作用。对大菱鲆腐败菌温和气单胞菌研究发现,添加外源信号分子 AHLs 可影响嗜铁素的产量,其中 C8-HSL 的影响最大,嗜铁素分泌量与 C8-HSL 的添加量成正相关,而 C6-HSL 对嗜铁素的产量影响不显著<sup>[21]</sup>。李学鹏等<sup>[62]</sup>研究发现,丹皮提取物可抑制由大菱鲆中分离得到的嗜水气单胞菌 QS,同时也会抑制该菌的嗜铁素分泌,当加入外源 AHLs 处理后该菌嗜铁素的分泌量明显增多,这表明嗜水气单胞菌 QS 可控制其嗜铁素的分泌。2020 年,王虹懿等<sup>[63]</sup>确定了绿原酸的 QS 抑制活性,发现绿原酸不但可以减少荧光假单胞菌信号分子的产生,还明显抑制其嗜铁素的产生,添加外源 C4-HSL 时嗜铁素产生量明显增加。这与之前结论一致,嗜铁素的产生与 QS 密切相关。

### 3.4 QS 的窃听行为

微生物的 QS 存在窃听现象。大肠杆菌、克雷伯氏菌 (*Klebsiella Trevisan*)、沙口氏菌 (*Salmonella*) 和志贺巧杆菌 (*Shigella*) 等都没有信号分子 AHLs 合成相关基因,但这些菌的 QS 转录调节蛋白可结合并利用其它微生物分泌的信号分子 AHLs,并对自身某些代谢特征如粘附性、入侵性和耐受性等进行调控。例如,波罗的海希瓦氏菌 (*Shewanella baltica*) 是凡纳滨对虾的优势腐败菌,该菌不能产生信号分子 AHLs,但可通过 LuXR 受体系统利用其它细菌产生的信号分子 AHLs,增强其生长和腐败能力。2018 年, Yu 等<sup>[64]</sup>和 Jie 等<sup>[65]</sup>分别对波罗的海希瓦氏菌野生型及 LuxR 突变体进行研究,发现波罗的海希瓦氏菌野生型可窃听其他细菌产生的信号分子 AHLs,从而增强其生物膜的形成、促进硫氧还蛋白还原酶 *trxB* mRNA 的表达、缩短滞后期,而 LuxR 突变体则失去或减弱使用环境信号分子 AHLs 的作用。与此同时, Zhu 等<sup>[56]</sup>对凡纳滨对虾的波罗的海希瓦氏菌和不动杆菌 (*Acinetobacter*) 研究发现,波罗的海希瓦氏菌能窃听不动杆菌产生的三种信号分子 AHLs,在共培养试验中发现,窃听不动杆菌的信号分子 AHLs 对希瓦氏菌的生长有促进作用,窃听也降低了不动杆菌的生物膜形成能力。总的来说,依赖信号分子 AHL 的窃听增加了波罗的海希瓦氏菌的腐败潜力。Zhao 等<sup>[66]</sup>通过体外实验,评估了荧光假单胞菌无细胞上清液中的 QS 信号对波罗的海希瓦氏菌生长、生物膜发育和腐败的影响,并初步评价了各种化学合成自诱导物对波罗的海希瓦氏菌腐败的交互影响。荧光假单胞菌的无细胞上清液不影响波罗的海希瓦氏菌迟缓期和对数期的生长速度,但会在稳定期引起细菌数量减少,同时显著抑制波罗的海希瓦氏菌生物膜生长、减少 TMA 和生物胺的产量。荧光假单胞菌的无细胞上清液中 QS 信号分子包括 7 种信号分子 AHLs、小分子信息素-自诱导物 AI-2 和二种信号分子二酮哌嗪类化合物(DKPs),后两者都可被波罗的海希瓦氏菌感知,对波罗的海希瓦氏菌腐败的活性抑制产生竞争。

### 3.5 其他相互作用

微生物间还存在相互作用。Iqbal 等<sup>[67]</sup>研究发现, 荧光假单胞菌在其自身生物膜形成能力不受影响的情况下, 抑制蟹表面嗜水性假单胞菌的生物膜形成。当荧光假单胞菌与嗜水性假单胞菌双培养时, 嗜水性假单胞菌外源蛋白酶、信号分子 AHL 和 AI-2 水平显著降低。李灿<sup>[68]</sup>报道, 致病菌副溶血弧菌在与腐败希瓦氏菌共同培养时, 其溶血活性、生物膜等毒力因子表达量显著增加, 致病性也显著增强, 腐败希瓦氏菌可通过其产生的信号分子 AHLs 竞争性结合至副溶血弧菌 Lux M QS 系统, 也可通过某种代谢产物降解副溶血弧菌信号分子 AHLs, 从而影响副溶血弧菌的溶血活性和生物膜形成; 同时腐败希瓦氏菌也可通过其产生的信号分子 AI-2 结合至副溶血弧菌 Lux S QS 系统影响其溶血活性和生物膜形成。谢晶等<sup>[69]</sup>发现, 温和气单胞菌的胞外产物中含有抑制腐败希瓦氏菌生长的群体感应信号分子。

然而, 鼠伤寒沙门氏杆菌 (*Salmonella Typhimurium*) 和单核增生李斯特菌 (*Listeria monocytogenes*) 的生物膜对嗜水性假单胞菌的生物膜形成没有影响<sup>[66]</sup>。

#### 4 外界环境对 QS 的影响

QS 一方面调控食品腐败, 另一方面其活性和稳定性也受到食品环境的影响。随着食品腐败程度的加剧, pH 值上升会引起信号分子 AHLs 稳定性下降, 甚至降解, 从而降低 QS 对食品腐败的调控能力。2018 年, Li 等<sup>[48]</sup>研究了不同培养条件对大菱鲆优势腐败菌荧光假单胞菌的信号分子 AHLs 产量的影响, 发现环境温度、NaCl 浓度和 pH 值都可影响信号分子 AHLs 产量: 10°C 的 AHLs 产量比 25°C 显著减少; NaCl 浓度在 0.5%~1.0% 时 AHLs 的产量达到最大值; 酸性条件更有利于 AHLs 分子的持续存在, 但碱性环境会导致 AHLs 分子不稳定。赵丹丹等<sup>[70]</sup>发现, 通过控制环境中的 pH 和 NaCl 质量浓度, 能调控细菌合成 AHLs 及其 QS 系统的表达, 并调控细菌的代谢行为。当培养基初始 pH8.0 或 NaCl 质量浓度为 20g/L 时, 能显著降低细菌产生的 AHLs 活性、生物膜形成及泳动能力。通过定量研究环境条件 (NaCl 浓度、温度、碳源、pH) 及培养时间对从腐败大菱鲆分离的温和气单胞菌信号分子分泌的影响, 发现不同条件下产生的 AHLs 种类和含量明显不同, 培养 32h 时 AHLs 分泌总量最大, C4-HSL、C6-HSL 为主要信号; 当 pH=8 时, AHLs 分泌总量达到最大, 主要信号为 C8-HSL、C10-HSL; 当 NaCl 质量分数为 0.7 % 时, AHLs 分泌总量达到最大, 主要信号为 C8-HSL、C10-HSL; 利用碳源分泌 AHLs 的能力大小排序: 蔗糖 > 麦芽糖 > 葡萄糖 > 乳糖 > 果糖 > 木糖<sup>[71]</sup>。温度和葡萄糖浓度可以影响嗜水气单胞菌产 N-丁酰-L-高丝氨酸内酯 (C4-HSL) 的产量<sup>[72]</sup>。

#### 5 结语与展望

随着对水产品腐败机理研究的不断深入, 对其作用机制的理解越来越多, 越来越深入, 但水产品致腐作用机制特别是分子机制十分复杂, 如水产品致腐微生物的 QS 作用机制尤其是分子机制尚不明确, 仍需深入研究。只有努力弄清 QS 的分子机制, 才能从 QS 信号分子的产生、积累和感应位点等出发, 开展 QS 抑制机理的研究, 实现对微生物致腐现象的靶向控制, 为研制和开发新型水产品保鲜剂提供理论基础。

在未来的研究中, 我们应该注重水产品致腐作用的分子机制, 特别是微生物 QS 作用的分子机制研究。我们应整合利用生物信息学、基因组学、蛋白质组学以及转录组学等技术, 深入进行水产品致腐作用的分子机制研究, 深入理解其作用机制, 将其应用于水产品腐败变质的控制过程中, 为发展优质、卫生和安全的农产品服务。

#### 参考文献

- [1] 乔华林. 水产品腐败的形成与控制[J]. 肉类研究, 1998, 1: 17-32.
- [2] Ghaly A E, Dave D, Budgb S, et al. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review[J]. American Journal of Applied Sciences, 2010, 7(7): 859-877.
- [3] Li T T, Wang D F, Liu N, et al. Inhibition of quorum sensing-controlled virulence factors and biofilm formation in *Pseudomonas fluorescens* by cinnamaldehyde[J]. International Journal of Food Microbiology, 2018, 269: 98-106.
- [4] David K, Pe RSIS S. The stability and shelf-life of food[M]. England: Woodhead publishing limited, 2000.
- [5] Gram L, Ravn L, Rasch M, et al. Food spoilage-interactions between food spoilage bacteria[J]. International Journal of Food



Microbiology, 2002, 78(1/2): 79-97.

[6] Cristina S, Maite E, Inigo L. Biofilm dispersion and quorum sensing[J]. Current Opinion in Microbiology, 2014, 18: 96-104.

[7] Antunes L C M, Ferreira R B R, Buckner M M C, et al. Buckner, et al. Quorum sensing in bacterial virulence[J]. Microbiology, 2010, 156: 2271-2282.

[8] Shrout J D, Chopp D L, Just C L, et al. The impact of quorum sensing and swarming motility on pseudomonas aeruginosa biofilm formation is nutritionally conditional[J].Molecular Microbiology, 2010, 62(5): 1264-1277.

[9] Skandamis P N, Nychas G J. Quorum sensing in the context of food microbiology[J]. Appl Environ Microbiol, 2012, 78(16): 5473-5482.

[10] Rumbaugh K P, Trivedi U, Watte R S C, et al. Kin selection, Quorum sensing and virulence in pathogenic bacteria[J]. Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences, 2012, 279(1742): 3584-3588.

[11] Fuqua W C, Winans S C, Greenberg E P. Quorum sensing in bacteria: the LuxR-LuxI family of cell density-responsive transcriptional regulators[J]. Journal of Bacteriology, 1994, 176(2): 269-275.

[12] Pappenfort K, Bassler B L. Quorum sensing signal-response systems in Gram-negative bacteria[J]. Nature Reviews Microbiology, 2016, 14(9): 576-586.

[13] Schuster M, Sexton D J, Diggle S P, et al. Acyl-homoserine lactone quorum sensing: from evolution to application[J]. Annual Review of Microbiology, 2013, 67(1): 43-51.

[14] Erez Z, Steinberger-levy I, Shamir M, et al. Communication between viruses guides lysis-lysogeny decisions[J]. Nature, 2017, 541(7638): 488-493.

[15] 蓝蔚青,王蒙,陈梦玲,等. 水产品特定腐败菌群体感应及植物源抑制剂研究进展[J]. 食品与机械, 2018, 34(9): 185-190.

[16] Nealson K H, Platt T, Hastings T W. Cellular control of the synthesis and activity of the bacterial luminescent system[J].Journal of Bacteriology, 1970, 104(1): 313-322.

[17] 励建荣,李婷婷,王当丰. 微生物群体感应系统及其在现代食品工业中应用的研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2020, 38(1): 1-11.

[18] 丁婷,李婷婷,王当丰,等. 水产品腐败菌群体感应系统及群体感应抑制剂研究进展[J]. 生物加工过程, 2019, 17(3): 227-235.

[19] Watson W T, Minogue T D, Val D L, et al. Structural basis and specificity of acyl-homoserine lactone signal production in bacterial quorum sensing[J]. Molcell, 2002, 9(3): 685-694.

[20] 周朋,王喆,包美娇,等. 微生物群体感应系统的调控机制及应用研究进展[J].生物加工过程, 2019, 17(3): 236-243.

[21] 韩云燕,李渐鹏,于红雷,等. LuxR 基因对希瓦氏菌群体感应特性的影响研究[J].食品科技, 2019, 44(03): 27-32.

[22] 李婷婷,崔方超,马艳,等. 群体感应 AHLs 对温和气单胞菌体外致腐因子分泌的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 54-60.

[23] 陈桂芳,李学鹏,王彦波,等. 肉桂油对大菱鲆荧光假单胞菌腐败能力的抑制作用[J]. 2016, 37(08): 313-317.

[24] 郝彬彬.大菱鲆源蜂房哈夫尼亚菌群体感应 hal I/hal R 基因表达及其抑制剂的研究[D]. 渤海大学, 2019.

[25] Parker C T, Sperandio V. Cell-to-cell signalling during pathogenesis[J]. Cell Microbiology, 2008, 11(3): 363-369.

[26] Wang B, Muir T W. Regulation of virulence in staphylococcus aureus: molecular mechanisms and remaining puzzles[J]. Cell Chem Biol, 2016, 23(2): 214-224.

[27] Kim M K, Zhao A, Wang A, et al. Surface-attached molecules control staphylococcus aureus quorum sensing and biofilm development[J]. Nat Microbiol, 2017, 2(8): 17080-17092.

[28] Pappenfort K, Bassler B L. Quorum sensing signalresponse systems in gram-negative bacteria[J]. Nat Rev Microbiol, 2016, 14(9): 576-586.

[29] Zhao J, Quan C, Jin L, et al. Production detection and application perspectives of quorum sensing autoinducer-2 in bacteria[J]. Biotechnol, 2018, 268: 53-60.

[30] Linglin F, Chong W, Nana L, et al. Quorum sensing system-regulated genes affect the spoilage potential of Shewanella baltica[J]. Food Research International, 2018, 107: 1-9.

[31] 励建荣. 海水鱼类腐败机制及其保鲜技术研究进展[J]. 中国食品学报, 2018, 18(5): 1-12.

- [32] 励建荣,李婷婷,王当丰. 微生物群体感应系统及其在现代食品工业中应用的研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2020, 38(1): 1-11.
- [33] 孙锋,严慧聪,汪美贞. 细菌群体感应调控多样性及群体感应淬灭研究进展[J]. 微生物学报, 2019, 03: 454-467.
- [34] Whiteley M, Diggle S P, Greenberg E P. Progress in and promise of bacterial quorum sensing research[J]. Nature, 2017, 551(7680): 313-320.
- [35] Lai B M, Yan H C, Wang M Z, et al. A common evolutionary pathway for maintaining quorum sensing in *Pseudomonas aeruginosa*[J]. Journal of Microbiology, 2018, 56(2): 83-89.
- [36] Mlynek K D, Sause W E, Moormeier D E, et al. Nutritional regulation of the *sae* two-component system by CodY in *Staphylococcus aureus*[J]. Journal of Bacteriology, 2018, 200(8): JB.00012-18.
- [37] Chaparian R R, Ball A S, Van Kessel J C. Hierarchical transcriptional control of the LuxR quorum-sensing regulon of *Vibrio harveyi*[J]. Journal of Bacteriology, 2020, DOI:10.1128/JB.00047-20.
- [38] Kalia V C. Quorum sensing inhibitors: an overview[J]. Biotechnology Advances, 2013, 31(2): 224-245.
- [39] Henke J M, Bassler B L. Three parallel quorum-sensing systems regulate gene expression in *Vibrio harveyi*[J]. Journal of Bacteriology, 2004, 186(20): 6902-6914.
- [40] Omony J, De J A, Krawczyk A O, et al. Dynamic sporulation gene co-expression networks for *Bacillus subtilis* 168 and the food-borne isolate *Bacillus amyloliquefaciens*: a transcriptomic model[J]. Microbial Genomics, 2018, 4(2): e000157.
- [41] Hurley A, Bassler B L. Asymmetric regulation of quorum-sensing receptors drives autoinducer-specific gene expression programs in *Vibrio cholerae*[J]. Plos Genetics, 2017, 13(5): e1006826.
- [42] Gui M, Liu L, Wu R Y, et al. Detection of new quorum sensing n-acyl homoserine lactones from *Aeromonas veronii*[J]. Frontiers in Microbiology, 2018, 9: 1712-1719.
- [43] Zhao D D, Lyu F, Liu S L, et al. Involvement of bacterial quorum sensing signals in spoilage potential of *Aeromonas veronii* bv. *veronii* isolated from fermented surimi[J]. Food Biochemistry, 2018, 42(3): e12487.
- [44] Zhang C L, Zhu S Q, Wu H H, et al. Quorum sensing involved in the spoilage process of the skin and flesh of vacuum-packaged farmed turbot (*Scophthalmus maximus*) stored at 4°C[J]. Institute of Food Technologists, 2016, 81(11): 2776-2784.
- [45] 张曙梅,徐向荣,徐浩. 细菌生物膜群体感应系统研究进展[J]. 生物技术通报, 2016, 32(12): 19-22.
- [46] 刘昀阁,罗欣,董鹏程,等. 基于群体感应的单增李斯特菌生物膜形成与控制研究进展[J]. 食品科学, 2019, 40(21): 303-310.
- [47] Davies D G, Parsek M R, Pearson J P, et al. The involvement of cell-to-cell signals in the development of a bacterial biofilm[J]. Science, 1998, 280(5361): 295-298.
- [48] Li T T, Yang B, Li X P, et al. Quorum sensing system and influence on food spoilage in *Pseudomonas fluorescens* from turbot[J]. Food Sci Technol, 2018, 55: 3016-3025.
- [49] 刘岩龙,王辰晨,朱菲菲,等. 冷藏草鱼源气单胞菌的群体感应现象及其对生物膜形成的影响[J]. 食品科学, 2018, 22: 155-160.
- [50] 于红雷,韩云艳,曾名湧,等. 凡纳滨对虾源气单胞菌的分离鉴定及群体感应[J]. 生物加工过程, 2019, 17(3): 324-328.
- [51] Sun Y C, Li Y, Luo Q, et al. LuxS/AI-2 quorum sensing system in *Edwardsiella piscicida* promotes biofilm formation and pathogenicity[J]. Infection and Immunity, 2020, 88(5): e00907-19.
- [52] Hou H M, Zhu Y L, Wang J Y, et al. Characteristics of n-acylhomoserine lactones produced by *Hafnia alvei* h4 isolated from spoiled instant sea cucumber [J]. Sensors, 2017, 17(4): 772-783.
- [53] 朱耀磊,侯红漫,张光亮,等. 蜂房哈夫尼菌群体感应对其生物膜及泳动性的调控作用[J]. 食品科学, 2020, 41(14): 169-174.
- [54] 崔方超,李婷婷,刘明爽,等. 大菱鲆荧光假单胞菌的群体感应现象及不同碳源培养下的腐败特性研究[J]. 现代食品科技, 2015, 31(12): 49-55.
- [55] 李婷婷,崔方超,马艳,等. 群体感应 AHLs 对温和气单胞菌体外致腐因子分泌的影响[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(30): 54-60.
- [56] Zhu S Q, Wu H H, Zhang C L, et al. Spoilage of refrigerated *Litopenaeus vannamei*: aversdropping on acinetobacter acyl-homoserine lactones promotes the spoilage potential of *Shewanella baltica*[J]. Food Sci Technol, 2018, 55: 1903-1912.

- [57] 孙晓佳,李婷婷,赫彬彬,等. 富马酸钠对荧光假单胞菌群体感应现象及其腐败活性的抑制作用[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 7-13.
- [58] Ding T, Li T T, Li J R. Impact of curcumin liposomes with anti-quorum sensing properties against foodborne pathogens *Aeromonas hydrophila* and *Serratia grimesii*[J]. *Microbial Pathogenesis*, 2018, 122: 137-143.
- [59] Mangoudehi H T, Zamani H, Shahangian S S, et al. Effect of curcumin on the expression of *ahyI/R* quorum sensing genes and some associated phenotypes in pathogenic *Aeromonas hydrophila* fish isolates[J]. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2020, 36(5): 70-82.
- [60] Shelly M P. Detection isolation and characterization of siderophores[J]. *Methods in Enzymol*, 1994, 235: 329-344.
- [61] Rasch M, Andersen J B, Nielsen K F, et al. Involvement of bacterial quorum sensing signals in spoilage of bean sprouts[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2005, 71(6): 3321-3330.
- [62] 李学鹏,陈桂芳,仪淑敏,等. 基于群体感应研究丹皮提取物对嗜水气单胞菌致病性的抑制作用[J]. 中国食品学报, 2018, 18(3): 196-204.
- [63] 王虹懿,吴海虹,张新笑,等. 绿原酸对荧光假单胞菌群体感应现象及其腐败特性的抑制作用[J]. 食品工业科技, 2020, 41(7): 95-101.
- [64] Yu H L, Li J P, Han Y Y, et al. Ahls-produced bacteria in refrigerated shrimp enhanced the growth and spoilage ability of *shewanella baltica*[J]. *Food Sci Technol*, 2018, 56, 114-121.
- [65] Jie J X, Yu H L, Han Y Y, et al. Acyl-homoserine-lactones receptor *luxR* of *shewanella baltica* involved in the development of microbiota and spoilage of refrigerated shrimp[J]. *Food Sci Technol*, 2018, 55: 2795-2800.
- [66] Zhao A F, Zhu J L, Ye X L, et al. Inhibition of biofilm development and spoilage potential of *shewanella baltica* by quorum sensing signal in cell-free supernatant from *Pseudomonas fluorescens*[J]. *International Journal of Food Microbiology*, 2016, 230: 73-80.
- [67] Iqbal K J, Md. Furkanur R M, Jin J M, et al. *Aeromonas hydrophila* biofilm exoprotease, and quorum sensing responses to co-cultivation with diverse foodborne pathogens and food spoilage bacteria on crab surfaces[J]. *Bioadhesion and Biofilm Research*, 2018, 34(10): 1079-1092.
- [68] 李灿. 基于群体感应分析腐败希瓦氏菌对副溶血弧菌毒力因子的影响机制[D]. 广东海洋大学, 2016.
- [69] 谢晶,叶晶鑫,杨胜平,等. 不同细菌胞外产物对腐败希瓦氏菌低温下生长代谢的影响[J]. 食品与机械, 2019, 35(1): 136-142.
- [70] 赵丹丹,刘琳,王迪,等. pH 和 NaCl 质量浓度对发酵鱼糜中腐败菌 *Aeromonas veronii* bv.*veronii* 群体感应的影响[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(2): 33-39.
- [71] 李婷婷,崔方超,马艳,等. 不同培养条件下大菱鲂温和气单胞菌群体感应 AHLs 产生规律及影响因素[J]. 中国食品学报, 2018, 18(11): 191-197.
- [72] Medina-Martinez M S, Uyttendaele M, Demolder V, et al. Effect of temperature and glucose concentration on the N-butanoyl-L-homoserine lactone production by *Aeromonas hydrophila*[J]. *Food Microbiology*, 23(6): 534-540.

# 番木瓜不同繁殖方式生长特性初探

岳增福<sup>4</sup>

(云南省红河热带农业科学研究所, 云南 河口 661309)

**摘要** 对番木瓜种子苗、扦插苗、嫁接苗、组培苗在相同栽培条件下进行对比实验。结果表明番木瓜嫁接苗比其它三种种苗提早采收约 1 个月; 番木瓜嫁接苗的初果产量是 62.4 kg/667 m<sup>2</sup>、组培苗和扦插苗均为 19.5 kg/667 m<sup>2</sup>, 种子苗仅为 7.8 kg/667 m<sup>2</sup>; 番木瓜种子苗、组培苗、嫁接苗的抗逆性并列第一, 扦插苗较差。

**关键词** 种子苗; 扦插苗; 嫁接苗; 组培苗

## Analysis on growth characteristics of different papaya seedlings

YUE Zengfu

Yunnan Honghe Institute of Tropical Agricultural Sciences, Hekou, Yunnan 661309

**Abstract:** a comparative experiment was carried out on papaya seed seedlings, cutting seedlings, grafted seedlings and tissue culture seedlings under the same cultivation conditions. The results showed that the grafted seedlings of papaya were harvested ahead of about 1 month; The initial fruit yield of papaya grafted seedlings was 62.4 kg / 667 m<sup>2</sup>, that of tissue culture seedlings and cutting seedlings was 19.5 kg /667 m<sup>2</sup>, and that of seed seedlings was only 7.8 kg /667 m<sup>2</sup>; The stress resistance of papaya seed seedlings, tissue culture seedlings and grafted seedlings ranked first, Poor cuttings.

**Key words:** seed seedling; cutting seedling; grafted seedling; tissue culture seedling

番木瓜(学名: *Carica papaya*), 番木瓜科番木瓜属植物, 一年四季均有水果采收。番木瓜培育种苗的繁殖方式有种子培育、组织培养、扦插<sup>[1]</sup>及嫁接等。生产上多采用种子培育种苗和组培苗的方法进行繁殖, 少部分番木瓜扦插苗用于生产<sup>[2]</sup>。可持续发展并且发展良好的产业需要优良品种和优质种苗来支撑, 我国已引进和培育出适宜产业发展的优良品种, 如香妃<sup>[3]</sup>、穗中红等。据报到: 2020 年中国木瓜种植面积约为 14835 公顷, 产量为 16.7 万吨左右, 出口数量为 10893.7 吨, 进口 1205.7 吨。在实际生产中, 采用种子苗定植双株具有管理难度大、管理成本增加的特点; 番木瓜组织培养苗<sup>[4, 5, 6]</sup>已经应用于我国沿海的广东、海南省等地区; 扦插苗因生根困难而生产种苗少, 在生产中使用较少; 云南省红河热带农业科学研究所于 2010 年采用传统嫁接方法生产出嫁接苗<sup>[7]</sup>, 并在生产中进行试种, 植株在初果采收、挂果数、抗逆性等各方面都具有优良种苗的特点。目前, 未见对番木瓜不同繁殖方式生长进行分析探讨的相关报道, 本文对此作相关分析, 为番木瓜产业可持续健康发展提供一些思路。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

以香妃两性株的种子、接穗及本地番木瓜种子经催芽、扦插、组织培育、嫁接后分别生产出种子苗、扦插苗、组培苗、嫁接苗。

### 1.2 试验地点

试验地位于云南省红河热带农业科学研究所番木瓜种植基地内, 地处北纬 22°30'~23°02', 东经 103°24'~104°17'。海拔 115m, 本地气候温暖, 热量丰富, 有机质含量(%)2.8~4.5, 酸碱度 5.5~7, 碱解氮(ppm) 60~130, 速效磷(ppm)2~12, 速效钾(ppm) 13, 属热带季风雨林温热带型气候, 年平均气温 22.6°C, 年均降雨量 1700mm 以上<sup>[8]</sup>。

### 1.3 试验设计

四种不同种苗培育至株高 15-20cm, 茎粗分别为 0.3 cm、1.5 cm、0.3 cm、0.8 cm, 同一方式种苗取长

<sup>4</sup> 作者简介: 岳增福 (1969—), 男, 硕士, 农艺师, 研究方向: 热作栽培, Email: 2678975016@qq.com

势一致各 60 株种苗移至大田种植, 水肥管理条件一致。将不同种苗按顺序编号, 设 3 个重复, 1-20 为重复一(如种子苗的重复一, 记作种 1), 21-40 为重复二(记作种 2), 41-60 为重复三(记作种 3), 其它种苗重复同理记录。2012 年 3 月份前移栽定植, 株行距为 2.2m×2.5m。

#### 1.4 调查和统计方法

种植成活, 植株进入初蕾期后, 分别测量初蕾期、初花期、初果期的叶数、株高; 10 月 3 日对番木瓜嫁接苗初果(两处果实中部的两个心皮间出现黄色条纹斑)采收, 11 月 1 日对其它种苗初果采收。按成熟果的三分之一大小统计当年挂果数; 番木瓜的抗逆性主要对植株的番木瓜花叶病毒病、根腐病进行统计。数据录入 Excel 中, 求平均值, 分析初采亩产量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同种苗的初蕾、初花表现

从表 1 可知, 种子苗、组培苗、嫁接苗、扦插苗的初蕾平均株高分别为 41 cm、40 cm、40 cm、44 cm, 组培苗和嫁接苗的株高最低, 扦插苗的株高最高; 种子苗、组培苗、嫁接苗的叶数均为 23 叶, 扦插苗的叶数为 25 叶。初蕾期的株高和叶数表明, 此时种子苗、组培苗、嫁接苗的生长能力基本一致; 扦插苗的初蕾位置偏高。初花平均株高分别为 43 cm、42 cm、42 cm、48 cm, 组培苗和嫁接苗的株高最低, 扦插苗的株高最高。组培苗、嫁接苗的开花叶数均为 24 叶, 扦插苗的叶数为 27 叶。组培苗、嫁接苗在初花期的生长能力保持一致, 种子苗的初花位置较高, 扦插苗的位置最高。

表 1 番木瓜不同种苗对生长的影响

Table 1 Effects of different papaya seedlings on Growth

不同种苗 Different seedlings	初蕾 Early bud		初花 First flower		初果 Primary fruit		挂果数 Number of fruits (个)	初果率 Initial fruit rate (%)	抗逆性 Stress resistance
	株高 Plant height (cm)	叶数 Leaf number	株高 Plant height (cm)	叶数 Leaf number	株高 Plant height (cm)	叶数 Leaf number			
		number		number		number			
种 1	41	24	43	25	63	42	22	15	好
种 2	41	23	43	25	67	44	22	10	好
种 3	42	23	44	25	69	48	21	5	好、2 株无果
平均	41	23	43	25	66	45	22	10	好
组 1	40	23	42	24	61	40	24	40	好
组 2	39	23	42	24	61	41	23	5	好
组 3	40	23	42	24	61	40	23	25	好
平均	40	23	42	24	61	40	23	25	好
嫁 1	40	23	42	24	43	25	25	80	好
嫁 2	40	23	42	24	43	25	25	85	好
嫁 3	40	23	42	24	43	25	25	80	好
平均	40	23	42	24	43	25	25	80	好
扞 1	45	26	49	27	51	28	11	30	6 株根腐
扞 2	44	25	48	27	51	29	10	25	8 株根腐
扞 3	44	25	48	27	52	29	10	20	7 株根腐
平均	44	25	48	27	51	29	10	25	一般

注: 叶数的单位: 叶; 平均单果重 0.65 kg; 无指没有发现病株。

Note: the unit of leaf number is leaf; The average single fruit weight was 0.65 kg; No disease strain was found

## 2.2 不同种苗的初果、初果率及初果产量表现

从表 1 可知, 种子苗、组培苗、嫁接苗、扦插苗的初果平均株高分别为 66 cm、61 cm、43 cm、51 cm, 采果叶数的位置分布与株高一致。初果平均采收率最低为种子苗, 仅 10%, 组培苗和扦插苗的采收率为 25%, 最高是嫁接苗, 为 80%。由图 1 可知, 初采平均产量由高到低分别为嫁接苗 62.4 kg/667 m<sup>2</sup>、组培苗和扦插苗均为 19.5 kg/667 m<sup>2</sup>, 最少是种子苗, 产量仅为 7.8 kg/667 m<sup>2</sup>。

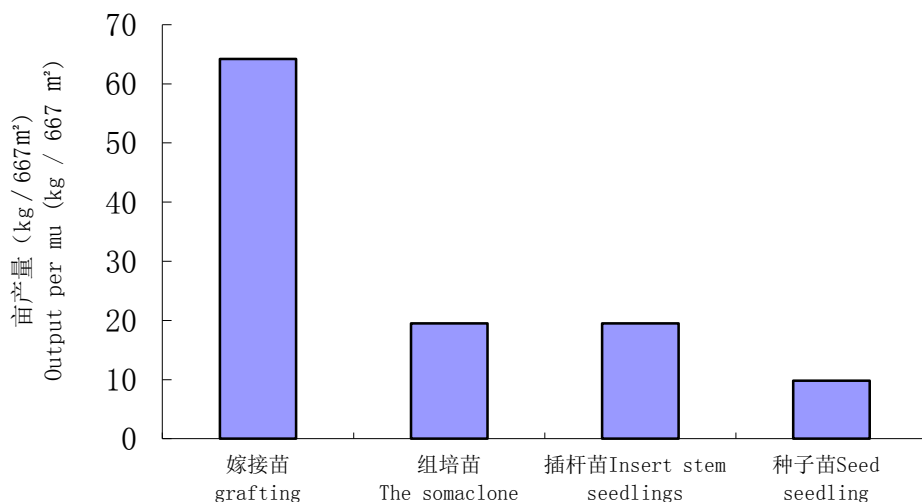


图1 不同番木瓜苗初采产量

Fig. 1 initial harvest yield of different papaya seedlings

## 2.3 不同种苗的挂果数、抗逆性及采收指数的表现

从表 1 可知, 四种种苗的平均挂果数分别为 22 个、23 个、25 个、10 个, 最多为嫁接苗, 组培苗次之, 种子苗更差, 扦插苗最少。种子苗、组培苗和嫁接苗的抗逆性相同, 扦插苗易发生根腐病。采收指数由小到大分别是嫁接苗、扦插苗、组培苗、种子苗, 其数值为 1.1、1.2、1.5、1.6。

## 3 结论

番木瓜不同繁殖方式种苗在相同管理条件下结果存在明显差异, 尽管初蕾、初花表现一致或相差不大, 初果的生长指标表现出不同程度的差异性, 但有一个特性是共同的, 即初果位置越低, 植株产量越高。

本试验目的在于通过对初果采收位置、初果率、初果亩产量、初果采收时间、挂果数、采收指数、抗逆性等因素综合考量, 欲挑选出果实采收早、产量高、抗逆性好的优良种苗。分析表明, 嫁接苗的初果采收时间、挂果数、初果亩产量、采收指数、抗逆性表现最好。笔者认为, 四种种苗的初果比在初蕾、初花出现较大差异是种苗的生产方式, 茎粗大小不一造成的, 前期营养提供良好, 初花至初果时营养供应可能不足, 影响植株的产量。种子苗初采产量最低是因为种植双株, 当能区分株性挖除一株时, 实际已经影响株植产量, 有的还可能移栽成无商品果的雄性两性株。种苗不同, 果实采收出现较大的偏差, 从种苗根部可以明显看出, 种子苗、组培苗和嫁接苗均有主根和侧根, 扦插苗则是侧根发达。在营养生长期, 不同繁殖方式的种苗均能供应充足的营养, 进入生殖生长期, 随着植株初蕾、初花、初果的进行, 有的营养供应充足, 在较低叶数的位置就结出果实; 营养供应不足, 结果在较高叶数位置。当营养供应达到理想状态, 在充足的光照下, 初蕾就变成初花, 同时长成初果。扦插苗表现差异大可能是因为该品种不抗根腐引起的, 如果有提升抗根腐能力的技术和管理措施, 扦插苗才能服务于生产。本次试验样本数量有限, 不排除存在统计偏差。

本文通过对番木瓜不同繁殖方式种苗进行试验分析, 初步选出试种较好的种苗, 但要在生产中采用, 还需结合栽培技术进一步研究, 才能确定适合当地环境栽培的番木瓜种苗。

**参考文献:**

- [1] 漆智平.热带作物优质种苗繁育技术.北京: 中国农业出版社 2006.9
- [2] 陆玉英,阮经宙,李文信,陆小妹,罗丽秀,黄杏勤,王炳文. 番木瓜扦插快繁技术研究. 热带农业科学 2005.4
- [3]岳增福,赵志昆.香妃番木瓜的丰产栽培技术[J].热带农业科技,2008,31 (2) :28-29.
- [4] 陈健, 番木瓜品种与栽培彩色图说. 中国农业出版社,2002,10
- [5] 李卫东, 番木瓜组培苗生产体系的优化与质量监测体系的建立,华南热带农业大学 2006.
- [6] 陈春宝,黎小瑛,周鹏. 番木瓜抗病育种及其组培苗概述. 热带农业科学 2006.26(6)
- [7] 岳增福, 赵志昆, 曾雪珍, 番木瓜芽接技术的创新研究. 热带农业科学 2010.30(9)
- [8] 易正治,黄卓泉,苏国兴,赵怀先等.河口瑶族自治县综合农业区划.河口县农业区划办编,1988.

# 基于随机森林算法构建热区红壤土含氧量对 大气、土壤环境变化响应模型

于珍珍<sup>1,2</sup>, 汪汇源<sup>3</sup>, 王宏轩<sup>2</sup>, 邹华芬<sup>2</sup>, 李海亮<sup>2\*</sup>, 汪春<sup>1,2\*</sup>

1 黑龙江八一农垦大学工程学院, 黑龙江大庆 163319

2 中国热带农业科学院南亚热带作物研究所, 国家土壤质量湛江观测实验站, 广东湛江 524000

3 中国热带农业科学院科技信息研究所, 海南海口 570000

**摘要** 土壤含氧量低、土壤中水分、气体比例不协调是农业可持续发展的主要障碍, 也是影响我国生态环境健康和农业生产发展的重要制约因素。土壤和大气之间氧气交换速率受大气环境及土壤物理条件的控制。本研究综合考虑大气温湿度、压强及土壤充气孔隙度、温度、含水率变化(氧气在土壤水中的溶解、在土壤颗粒胶体表面的吸附, 以及由于土壤润湿而导致的土壤氧气被水分替代)与土壤含氧量变化相关函数。以上述检测结果作为输入、土壤含氧量作为输出, 利用随机森林算法构建数学模型并求解。模型在国家土壤质量湛江观测实验站进行了检验与应用, 通过随机森林算法对热区红壤土含氧量变化的影响因素进行解析。试验结果表明, 影响土壤含氧量变化的主次顺序依次为: 土壤含水率>土壤充气孔隙度>土壤温度>大气温度>大气压强>大气湿度, 其中, 土壤含水率、土壤温度、大气温度与土壤含氧量呈显著负相关( $P<0.05$ ), 土壤充气孔隙度与土壤含氧量呈显著正相关( $P<0.05$ ), 大气压强和大气湿度对土壤含氧量的变化无显著影响。该模型包容性强, 考虑因素全面, 为实现土壤含氧量的量化与准确调控提供理论基础。



## 剑麻产业环境分析

伍兆诚<sup>1</sup>, 谢季青<sup>1</sup>, 陈叶海<sup>1</sup>, 徐杨玉<sup>1</sup>, 袁志能<sup>1</sup>, 杜怡安<sup>1</sup>, 吴如慧<sup>1</sup>, 刘卫军<sup>1</sup>, 段门俊<sup>1</sup>,  
陈士伟<sup>1\*</sup>

1 广东农垦热带农业研究院, 广东广州 511300

**摘要** 近年来,我国农业和农村经济发展进入了一个新的历史阶段,其基本标志就是农产品供求关系发生了根本性的变化,要表现在以下两个方面:由于农业综合生产能力的提高,农产品供给已由长期短缺转变为供大于求;由于市场化程度提高,农业与农村经济发展已由受资源约束转为受资源和需求双重约束,其中市场需求对农业发展的导向作用和约束作用越来越强。在当前大多数农产品普遍供大于求的情况下,剑麻是为数不多的供不应求的农业产品。我国的剑麻企业应利用目前面临的较好发展机遇,正处于命运的转折点,因此充分识别剑麻(加工)企业成长的产业环境对于剑麻(加工)企业制定合理的竞争战略并推动其成长和发展具有重大的现实意义。

**关键词** 剑麻; 产业环境分析; 乡村振兴

**中图分类号** Q949.748.5

**文献标识码** A

## Environmental analysis of sisal industry

Wu Zhaocheng<sup>1</sup>, Xie Jiqing<sup>1</sup>, Chen Yehai<sup>1</sup>, Xu Yangyu<sup>1</sup>, Yuan Zhineng<sup>1</sup>, Du Yian<sup>1</sup>, Wu Ruhui<sup>1</sup>, Liu Weijun<sup>1</sup>, Duan Menjun<sup>1</sup>, Chen Shiwei<sup>1\*</sup>

1 Guangdong Agribusiness Tropical Agriculture Institute, Guangzhou 511300, Guangdong;

**Abstract** In recent years, China's agricultural and rural economic development has entered a new historical stage. The basic sign is that the relationship between supply and demand of agricultural products has undergone a fundamental change, which should be reflected in the following two aspects: The long-term shortage has changed to oversupply; due to the increase in marketization, the development of agriculture and rural economy has changed from being constrained by resources to being constrained by both resources and demand. Among them, market demand is increasingly guiding and restricting agricultural development. powerful. In the current situation where the supply of most agricultural products generally exceeds demand, sisal is one of the few agricultural products that is in short supply. Our country's sisal enterprises should take advantage of the better development opportunities they are facing and are at a turning point in their destiny. Therefore, fully identifying the industrial environment for the growth of sisal (processing) enterprises. Formulate reasonable competitive strategies for sisal (processing) enterprises and promote their growth. And development has great practical significance.

**Key words** Sisal; Industrial environment analysis; Rural revitalization