

南方蔗区甘蔗叶粉碎还田配套机具及技术模式分析

韦丽娇¹, 黄小乐², 黄伟华¹, 李明¹, 吴文龙³, 葛畅¹

(1. 中国热带农业科学院农业机械研究所, 广东 湛江 524091; 2. 广东广垦农机服务有限公司, 广东 湛江 524300; 3. 广东省湛江农垦科学研究所, 广东 湛江 524000)

摘要: 甘蔗叶实施机械化粉碎还田利用是改良土壤、提高蔗园土壤肥力较为经济有效和低碳环保的技术途径。由于甘蔗叶量大、韧性强, 实施机械化粉碎还田存在粉碎质量差、影响后续机耕等问题。本文对粉碎覆盖、粉碎混埋、粉碎深埋等不同甘蔗叶粉碎还田处理机具及其后续配套机具作业模式进行研究分析, 结合南方蔗区甘蔗叶机械化粉碎还田的试验效果和经验, 希望能够为甘蔗叶粉碎还田技术应用及推广提供借鉴与参考。

关键词: 甘蔗叶; 粉碎还田; 配套机具; 技术模式

中图分类号: F326.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-2154 (2022) 05-0041-04

0 引言

甘蔗是我国主要的糖料作物, 食糖中的90%以上来源于蔗糖, 甘蔗产业的健康发展是我国食糖有效供给和国家食糖安全的重要保障^[1-2]。我国大部分蔗区采取多年连续栽种方式, 土壤养分亏缺, 肥力退化, 大量施用无机化肥, 使得土壤物理性状恶化, 土壤团粒结构遭到破坏、容重变大、粘结、通气不良, 不利于甘蔗根系生长, 排水不畅, 造成甘蔗单产降低, 宿根年限缩短^[3-5]。收获期的甘蔗叶一般占蔗茎产量的12%~20%, 甘蔗叶资源十分丰富^[6]。因此, 通过甘蔗叶还田利用是改良土壤、提高蔗园土壤肥力较为经济有效和低碳环保的技术途径, 甘蔗叶还田是解决废弃物资源利用最直接最简单的技术, 也是国家倡导和推广的一种农业生产技术。

由于甘蔗叶量大、韧性强, 甘蔗叶机械化粉碎还田存在收割后切碎长度不达标、还田过程不规范等引起的还田质量不高等问题, 本文对现有粉碎覆盖、粉碎混埋、粉碎深埋等不同甘蔗叶粉碎还田处理机具及其后续配套机具作业模式进行研究, 结合南方蔗区甘蔗叶机械化粉碎还田试验效果和经验, 探讨分析配套技术模式的途径和方法。

1 甘蔗叶还田技术模式分类

1.1 甘蔗叶粉碎覆盖还田技术模式

甘蔗叶粉碎覆盖还田技术模式通过甘蔗叶粉碎还田机将地表甘蔗叶进行充分粉碎, 均匀抛撒至地面^[7-8], 对宿根甘蔗进行覆盖, 使甘蔗叶还田自然腐解改善土壤性能的同时, 达到保水、防寒、防杂草等效果。该技术适用于我国甘蔗区留宿根甘蔗地。

1.2 甘蔗叶粉碎混埋还田技术模式

甘蔗叶粉碎混埋还田技术模式是指通过甘蔗叶粉碎还田机将地表甘蔗叶进行充分粉碎, 并均匀抛撒至地面, 用深耕犁翻耕土壤将甘蔗叶埋到土壤里, 再用旋耕机将土壤粉碎和甘蔗叶一起混合, 或通过甘蔗叶粉碎混埋还田机将地表甘蔗叶进行充分粉碎与土壤混合^[9], 从而为后续甘蔗种植作业创造良好的作业环境。该技术适用于重新翻耕种植的甘蔗地, 次年的宿根蔗甘蔗叶还田宜采取粉碎覆盖模式。

1.3 甘蔗叶粉碎深埋还田技术模式

甘蔗叶粉碎深埋还田技术模式是指通过甘蔗叶粉碎还田机将地表甘蔗叶进行充分粉碎, 并均匀抛撒至地面, 通过甘蔗叶粉碎深埋还田机或深耕犁, 将甘蔗叶翻埋至耕作层以下^[10], 为后续其他热作物

收稿日期: 2022-07-14

基金项目: 广东省科技计划项目(2020A0505100017); 中央级公益性科研院所基本业务费专项(1630132022001); 湛江市科技计划项目(2020A04002、2020A04011、2021A05189、2020A05004)

作者简介: 韦丽娇(1984—), 女, 副研究员, 硕士, 研究方向为热带农业机械工程。

通讯作者: 李明(1964—), 男, 研究员, 研究方向为热带农业机械工程。E-mail: 406775423@qq.com

种植（大行距种植的香蕉、剑麻等）创造良好种床。该技术适用于重新翻耕种植的甘蔗地或者与其他作物（香蕉、菠萝、剑麻等）轮作的甘蔗地，若继续种植甘蔗，次年的宿根蔗甘蔗叶还田宜采取粉碎覆盖模式。

2 各模式机具配套系统

2.1 粉碎覆盖还田机具配套系统

针对甘蔗不同种植阶段、收获方式，粉碎覆盖还田机具配套系统技术路线以及采取的配套系统方案主要有2种。

技术实施路线：甘蔗收获→甘蔗叶覆盖还田→甘蔗叶粉碎→宿根蔗平茬破垄施肥→宿根蔗中耕施肥培土。

方案1：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎还田机（1GYF系列）→宿根蔗破垄（平茬）施肥机（2CPK系列、3ZPF系列等）→甘蔗中耕施肥培土机（3ZSP系列）。

方案2：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎还田机（1GYF系列）→深松破垄（施肥）机（3ZSL系列等）→甘蔗中耕施肥培土机（3ZSP系列）。

粉碎覆盖还田机具配套作业技术参数如表1所示。

表1 粉碎覆盖还田机具配套作业技术参数

主要参数	数值
甘蔗叶粉碎长度/mm	≤ 200
甘蔗叶粉碎长度合格率/%	≥ 90
漏碎率/%	≤ 8
平茬破头率/%	≤ 8
平茬高度合格率/%	≥ 95
伤茬率/%	≤ 8
深松深度/mm	≥ 350
耕深稳定性/%	≥ 85
施肥深度/mm	≥ 150
施肥均匀度/%	≥ 90
施肥覆盖率/%	≥ 85
培土高度（≥ 8 cm）合格率/%	≥ 80

2.2 粉碎混埋还田机具配套系统

根据翻种甘蔗作业条件、不同农户需求，粉碎混埋还田机具配套系统技术路线以及采取的配套系统方案主要有4种。

技术实施路线：甘蔗收获→甘蔗叶覆盖还田→

甘蔗叶粉碎/混埋→深耕犁翻耕→旋耕机碎土→甘蔗种植。

方案1：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎还田机（1GYF系列）→深松旋耕联合作业机（1SG系列）→甘蔗种植机（2CZY系列）。

方案2：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎还田机（1GYF系列）→浅翻深松机（1SL系列）→旋耕机（1GQN系列）→甘蔗种植机（2CZY系列）。

方案3：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎还田机（1GYF系列）→铧式犁（1L系列）→圆盘耙（1BZ-B系列）→甘蔗种植机（2CZY系列）。

方案4：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎混埋还田机（1GYFH-150型）→1SL-240型凿式节能深松机→旋耕机（1GQN系列）→甘蔗种植机（2CZY系列）。

粉碎混埋还田机具配套作业技术参数如表2所示。

表2 粉碎混埋还田机具配套作业技术参数

主要参数	数值
甘蔗叶粉碎长度/mm	≤ 200
漏碎率/%	≤ 8
耕深稳定性/%	≥ 85
漏耕率/%	≤ 1
蔗种伤芽率/%	≤ 5
覆土厚度合格率/%	≥ 80
露芽率/%	≤ 5
施肥覆盖率/%	≥ 85
甘蔗叶粉碎长度合格率/%	≥ 90
深耕深度/mm	≥ 350
旋耕碎土率/%	≥ 70
旋耕深度/mm	≥ 150
漏植率/%	≤ 5
种植深度合格率/%	≥ 80
总排肥量稳定性变异系数/%	≤ 7.8
各行排肥量稳定性变异系数/%	≤ 13

2.3 粉碎深埋还田机具配套系统

粉碎深埋还田机具配套系统技术路线为：甘蔗收获→甘蔗叶粉碎→甘蔗叶深埋还田→宽窄行或者大行距种植的甘蔗、香蕉、剑麻等。

采取的配套系统方案主要有2种。

方案1：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎深埋还田机（1GYFS系列）→深松旋耕联合作业

机（1SG 系列）→圆盘耙（1BZ-B 系列）→甘蔗种植机（2CZY 系列）或者开沟（施肥）机（1 kg- 系列）。

方案 2：甘蔗联合收割机或人工收获→甘蔗叶粉碎还田机（1GYF 系列）→深耕犁（1 L 系列）→深松旋耕联合作业机（1SG 系列）→甘蔗种植机（2CZY 系列）或者开沟（施肥）机（1 kg 系列）。

粉碎深埋还田机具配套作业技术参数如表 3 所示。

表3 粉碎深埋还田机具配套作业技术参数	
主要参数	数值
甘蔗叶粉碎长度/mm	≤ 200
漏碎率/%	≤ 8
耕深稳定性/%	≥ 85
漏耕率/%	≤ 1
蔗种伤芽率/%	≤ 5
露芽率/%	≤ 5
种植深度合格率/%	≥ 80
甘蔗叶粉碎长度合格率/%	≥ 90
深耕深度/mm	≥ 350
旋耕碎土率/%	≥ 70
旋耕深度/mm	≥ 150
漏植率/%	≤ 5
总排肥量稳定性变异系数/%	≤ 7.8
各行排肥量稳定性变异系数/%	≤ 13
甘蔗叶粉碎长度合格率/%	≥ 90
深耕深度/mm	≥ 350

3 技术模式实施效果

为研究甘蔗叶还田处理方式对土壤及甘蔗生长带来的影响，2012 年开始，在广东省湛江市雷州龙门镇金星农场建立 100 亩（1 亩=0.067 hm²）试验示范基地，进行不同甘蔗叶还田技术（焚烧-对照、粉碎、混埋、深埋）对比试验^[11]。不同甘蔗叶还田配套技术土壤检测结果和甘蔗生产效果如表 4 和表 5 所示，数据来源于 2013 年和 2020 年检测结果平均数据。

表4 不同还田技术模式土壤指标检测结果					
实施对比		粉碎覆盖	粉碎混埋	粉碎深埋	对照焚烧
碱解氮/ mg·kg ⁻¹	A	22.24	22.62	22.41	21.83
	B	53.46	51.67	56.22	50.34
速效磷/ mg·kg ⁻¹	A	7.68	7.47	7.52	7.62
	B	16.23	17.12	16.21	14.24

续表					
实施对比		粉碎覆盖	粉碎混埋	粉碎深埋	对照焚烧
速效钾/ mg·kg ⁻¹	A	80.27	82.46	78.23	61.62
	B	158.43	153.82	149.65	143.51
有机质/ g·kg ⁻¹	A	21.96	23.47	21.49	22.16
	B	30.59	31.14	30.98	29.87
pH 值	A	4.84	5.02	4.87	4.83
	B	5.86	6.23	5.83	5.56

注：A 指 2013 年（宿根蔗）测定平均数据，B 指 2020 年（宿根蔗）测定平均数据。

由表 4 可知，甘蔗叶还田对土壤的综合影响是比较显著的，土壤情况得到明显的改良，pH 值越来越接近甘蔗生长的最佳条件，有机质的含量明显增加，氮、磷、钾三大土壤常量元素的积累也显著提高，并且验证了甘蔗叶粉碎覆盖还田和粉碎深埋还田带给土壤的综合效应优于焚烧还田，粉碎覆盖还田与粉碎深埋还田差别不大，粉碎混埋效果比较明显。在蔗叶不同还田方式与焚烧对改良土壤效果试验中，蔗叶还田一段时间后土壤表层和深层土中的速效 N、P、K 含量都有所提高，而焚烧蔗叶处理表层和深层土壤的速效 N、P、K 含量则有所下降。

表5 不同还田技术模式甘蔗生长检测指标					
实施对比		粉碎覆盖	粉碎混埋	粉碎深埋	对照焚烧
枯心率/ %	A	5.4	5.6	5.2	5.9
	B	4.2	4.4	4.1	4.8
有效茎数/ (株/亩)	A	4328	4243	4351	4228
	B	4675	4862	4912	4594
茎径/ mm	A	24.23	23.58	23.12	23.41
	B	26.43	26.28	27.04	26.12
株高/ cm	A	198	194	196	195
	B	224	218	223	201
糖分/ %	A	9.9	9.6	9.9	9.1
	B	12.4	12.8	12.10	11.6
叶绿素 (spad)	A	27.3	28.6	28.7	27.1
	B	30.5	31.1	31.4	30.6
理论产量 (t/亩)	A	3.76	3.88	3.92	3.56
	B	4.56	4.82	5.01	4.61

注：A 指 2013 年（宿根蔗）测定平均数据，B 指 2020 年（宿根蔗）测定平均数据。

由表 5 可知，甘蔗叶焚烧处理的甘蔗枯心率（甘蔗枯心率指甘蔗受虫害影响的程度）比较高，居于 4.5%~6.0% 之间，甘蔗叶粉碎覆盖还田和粉碎深

埋还田处理模式的虫害效果相当比较轻,整体情况表明连续多年甘蔗叶还田没有出现病害加重的现象。甘蔗的各项生长指标情况表明,粉碎深埋的处理模式比其他处理模式表现效果要好一些,但是处理过程相对难度和要求也高,从投入配套机具成本和作业效率等方面综合考虑,粉碎混埋处理模式也可考虑。

4 结语

基于甘蔗叶机械化粉碎还田不同配套机具的特性,在南方不同地形地貌、生产农艺、品种类型的种植区,按照“简便快捷,高效安全,节本利用”的原则,针对甘蔗叶粉碎还田选用适宜还田配套技术系统,结合各机具的作业范围、作业效果和作业茬数等进行替代技术及选型配套应用。与实际甘蔗生产种植模式紧密结合,实施甘蔗叶还田的每个地区可选型配套1~2件(套)适宜机具系统,使机械化甘蔗叶粉碎还田配套技术模式真正发挥最佳效果,进一步促进甘蔗叶还田的推广应用。

参考文献

- [1] 陈常兵,胡朝晖.关于我国糖料高质量发展的思考[J].甘蔗糖业,2021,50(1):1-7.
- [2] 刘晓雪,曹付珍,李凯,等.全球蔗糖产业竞争力比较及中国提升路径探讨——基于巴西、澳大利亚、泰国、印度的比较分析[J].价格理论与实践,2021,(12):12-17,138.
- [3] 葛畅,韦丽娇,李明,等.甘蔗叶还田技术正负效应研究[J].中国热带农业,2020(2):56-60.
- [4] 刘志鹏.红壤坡耕地甘蔗耕层质量特征及调控技术研究[D].重庆:西南大学,2018.
- [5] 牙翠莲.湛江农垦蔗田土壤肥力变化及改良对策[D].南宁:广西大学,2014.
- [6] 李丽,游向荣,孙健,等.甘蔗田间废弃物及制糖副产物综合利用研究进展[J].食品工业,2013(7):170-173.
- [7] 董学虎,张劲,李明,等.1GYF-250型甘蔗叶粉碎还田机关键部件结构设计[J].中国热带农业,2013(6):39-41.
- [8] 李明,王金丽,邓怡国,等.1GYF-120型甘蔗叶粉碎还田机的设计与试验[J].农业工程学报,2008(2):121-126.
- [9] 黄伟华,严晓丽,董学虎,等.1GYFH型甘蔗叶粉碎混埋还田机的设计与试验[J].农机化研究,2018,40(1):140-144,165.
- [10] 李官保,梁栋,李明,等.甘蔗叶粉碎深埋还田机单边平底开沟装置的设计[J].农机化研究,2017,39(5):95-99.
- [11] 文少白,葛畅,李明,等.甘蔗叶不同还田方式对土壤养分的影响[J].热带作物学报,2017,38(8):4.

The Analysis on the Supporting Equipment and Technical Mode of Sugarcane Leaf Crushing and Returning to the Field in Southern Sugarcane Region

Wei Lijiao¹, Huang Xiaole², Huang Weihua¹, Li Ming¹, Wu Wenlong³, Ge Chang¹

(1. Agricultural Machinery Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang 524091, China; 2. Guangdong Guangken Agricultural Machinery Service Co., Ltd., Zhanjiang 524300, China; 3. Guangdong Zhanjiang Agricultural Reclamation Science Research Institute, Zhanjiang 524000, China)

Abstract: The mechanized crushing and returning of sugarcane leaves to the field is a more economical, effective, low-carbon and environmental protection technical way to improve the soil and improve the soil fertility of sugarcane orchards. Sugarcane has a large amount of leaves and strong toughness. There are still some problems in the implementation of mechanized crushing and returning to the field, such as poor crushing quality and affecting the follow-up machine tillage. This paper studies and analyzes the operation modes of different sugarcane leaf crushing and returning machines and their subsequent supporting machines and tools, such as crushing and covering, crushing and mixed burying, crushing and deep burying, combined with the experimental results and experience of sugarcane leaf mechanized crushing and returning to the field in the southern sugarcane region, hoping to provide reference for the application and promotion of sugarcane leaf crushing and returning to the field technology.

Key words: sugarcane leaves; smash and return to the field; supporting machines and tools; technical mode